

FACULTÉ DE PHARMACIE

Année 1978 - N° 148

THÈSE

présentée

A L'UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD - FACULTÉ DE PHARMACIE

et soutenue publiquement le 19 Avril 1978

pour obtenir le grade de Docteur d'Etat es Sciences Pharmaceutiques

par

PIERSON Myriam

née le 30 Juin 1951

à LYON (7^e)

Etude de l'efficacité de plusieurs types
de stations d'épuration d'eaux à l'aide
de quelques paramètres dont
la biodégradation des lipides

JURY

M. CHAMBON Paul

M. BONTOUX Jean

M. PATTEE Eric

M. REVOL André

M. VIAL Jean

FACULTÉ DE PHARMACIE

ANNEE 1978 - 1979

THÈSE

présentée

A L'UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD, FACULTÉ DE PHARMACIE

et soutenue publiquement le 20 Mars 1979

pour obtenir le grade de Docteur en Pharmacie, Spécialité : Pharmacie

par

YVES-ANDRÉ BÉGIN

né le 10 Mars 1955 à

Montréal (Québec)

Etude de l'efficacité de plusieurs types
de stations d'épuration d'eaux à l'aide
de quelques paramètres dont
la biodégradation des lipides

PAR

M. JACQUES BÉGIN

M. JACQUES BÉGIN

M. JACQUES BÉGIN

M. JACQUES BÉGIN

FACULTÉ DE PHARMACIE

Année 1978 - N°

THÈSE

présentée

A L'UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD - FACULTÉ DE PHARMACIE

et soutenue publiquement le 19 Avril 1978

pour obtenir le grade de Docteur d'Etat es Sciences Pharmaceutiques

par

PIERSON Myriam

née le 30 Juin 1951

à LYON (7^e)

Etude de l'efficacité de plusieurs types
de stations d'épuration d'eaux à l'aide
de quelques paramètres dont
la biodégradation des lipides

JURY

M. CHAMBON Paul

M. BONTOUX Jean

M. PATTEE Eric

M. REVOL André

M. VIAL Jean

FACULTÉ DE PHARMACIE

Année 1977 - 1978

THÈSE

présentée

À L'UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD - FACULTÉ DE PHARMACIE

et soutenue publiquement le 19 Avril 1978

pour obtenir le grade de Docteur d'État en Sciences Pharmaceutiques

par

PIERSON Myriam

née le 30 Juin 1951

à LYON (79)

Etude de l'efficacité de plusieurs types
de stations d'épuration d'eaux à l'aide
de quelques paramètres dont
la biodégradation des lipides



JURY

M. CHAMSON Paul

M. BOUTOUX Jean

M. PATTIER Eric

M. ERYOL Andre

M. VIAL Jean

PRESIDENT : M. LE PROFESSEUR D. GERMAIN

PREMIER VICE-PRESIDENT : M. LE PROFESSEUR ELBAZ

DEUXIEME VICE-PRESIDENT : M. P. PONCET, MAÎTRE-ASSISTANT

TROISIEME VICE-PRESIDENT : M. C. BADOR, ETUDIANT

SECRETAIRE GENERAL DE L'UNIVERSITE : M. J. RAMBAUD, ADMINISTRATEUR CIVIL

DIRECTEURS DES U.E.R. ET DOYENS DES FACULTES :

FACULTE DE MEDECINE GRANGE-BLANCHE : MONSIEUR BERNARD SALLE, M.C.A.

FACULTE DE MEDECINE ALEXIS-CARREL : MONSIEUR LE PR RENÉ MORNEIX

U.E.R. DE MEDECINE LYON-NORD : MONSIEUR JEAN PIERRE NEIDHART, M.C.A.

FACULTE DE MEDECINE SUD-OUEST : MONSIEUR LE PR JEAN NORMAND

FACULTE DE PHARMACIE : MONSIEUR LE PR CHARLES-ALBERT BIZOLLON

U.E.R. DE TECHNIQUES DE READAPTATION : MONSIEUR ALAIN MORGON, M.C.A.

U.E.R. DE BIOLOGIE HUMAINE : MONSIEUR JEAN PIERRE REVILLARD, M.C.A.

U.E.R. I.R.E.P.S. : MONSIEUR ALBERT MILLON, PROFESSEUR D'E.P.S.

U.E.R. DE SCIENCES ODONTOLOGIQUES : MONSIEUR LE DR ROGER VINCENT

U.E.R. DE MATHÉMATIQUES : MONSIEUR LE PR EDMOND COMBET

U.E.R. DE PHYSIQUE : MONSIEUR LE PR JEAN DELMAU

U.E.R. DE CHIMIE-BIOLOGIE : MONSIEUR LE PR JEAN HUET

U.E.R. DE SCIENCES DE LA NATURE : MONSIEUR LE PR RENÉ GINET

U.E.R. DE SCIENCES PHYSIOLOGIQUES : MADemoiselle LE PR JEANNE-FRANÇOISE WORBE

U.E.R. DE PHYSIQUE-NUCLEAIRE : MONSIEUR LE PR MARK GUSAKOW

I.U.T. N° 1 : MONSIEUR LE PR BERNARD POUYET

I.U.T. N° 2 : MONSIEUR J. GALLET, DIRECTEUR E.N.S.A.M.

OBSERVATOIRE DE LYON : MONSIEUR GUY MONNET, ASTRONOME ADJOINT

U.E.R. DE MECANIQUE : MADemoiselle LE PR GENEVIÈVE COMTE-BELLOT

ETUDE DE L'EFFICACITE DE PLUSIEURS TYPES
DE STATIONS D'EPURATION D'EAUX
A L'AIDE DE QUELQUES PARAMETRES
DONT LA BIODEGRADATION DES LIPIDES

"Savoir méditer, observer et connaître
sans jamais devenir sceptique ou destructeur".

(Rudyard KIPLING)

Travail effectué en collaboration avec l'INSTITUT PASTEUR DE LYON

A MA FAMILLE

et surtout mes GRANDS-PARENTS
dont l'absence se fait parti-
culièrement sentir en ce jour.

A NOTRE PRESIDENT DE THESE :

MONSIEUR LE PROFESSEUR CHAMBON

qui nous a accueillie dans son laboratoire
et qui a inspiré ce travail.

Qu'il trouve ici, ainsi que son épouse,
Madame R. CHAMBON-MOUGENOT, l'expression de
nos remerciements pour la confiance qu'il
nous a toujours accordée.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR BONToux

qui a bien voulu nous faire l'honneur de
sa présence dans notre Jury.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR PATTEE

qui nous a aidée dans ce travail et a
largement contribué à sa réalisation
grâce à son équipe.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR REVOL

qui a accepté de juger notre travail
et dont l'amitié nous fut toujours
précieuse.

A MONSIEUR LE DOCTEUR VIAL

Qu'il soit remercié de son accueil
toujours bienveillant et de ses conseils.

Nous tenons à remercier tout spécialement :

HELENE SCARNA, NICOLE PETIT,

MARIE-CHRISTINE KREBS , HUGUETTE PION,

dont la collaboration efficace et l'amitié
furent un grand soutien moral.

MONSIEUR BERGIER ET SON EQUIPE DE LA D.D.A.S.S.

qui nous ont permis l'accès des stations
et nous ont aidée dans notre travail
avec sympathie.

LE PERSONNEL DU LABORATOIRE DE TOXICOLOGIE
DE L'U.E.R. DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES.

LE PERSONNEL DU SERVICE D'HYGIENE APPLIQUEE
ET DU SERVICE DE SEROLOGIE
DE L'INSTITUT PASTEUR DE LYON.

TOUS LES AMIS

dont nous ne pouvons citer les noms.

P L A N

	<u>Pages</u>
INTRODUCTION.....	1
I. TRAVAUX ANTERIEURS.....	3
A) DONNEES GENERALES.....	5
1. POLLUTION DES EAUX.....	5
1.1. Définition des eaux usées.....	5
1.2. Caractérisation des eaux usées.....	6
1.3. Méthodes d'évaluation de la pollution	7
1.4. Variabilité des résultats obtenus - Influence du débit.....	8
2. EPURATION DES EAUX.....	10
2.1. Auto-épuration - Biodégradation.....	10
2.2. Principe de l'épuration biologique...	11
2.3. Procédés d'épuration.....	11
- lits bactériens.....	12
. sur matériau poreux.....	12
. sur disques.....	13
. sur tubes "Cloisonyle".....	13
- boues activées.....	13
2.4. Normes de rejets.....	14
3. RAPPELS SUR LA BIOCHIMIE DES LIPIDES.....	15
3.1. Définition des lipides.....	16
3.2. Origine des lipides trouvés dans les eaux d'égouts.....	17
3.3. Métabolisme des lipides.....	18
B) ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DU SUJET.....	21
1. RECHERCHE ENVISAGEE.....	21
2. TRAVAUX ANTERIEURS.....	22
2.1. Recherche des lipides.....	23
- dans les eaux polluées.....	23
- dans les effluents bruts.....	24
- dans les effluents traités.....	26

	<u>Pages</u>
2.2. Biodégradation des lipides par les bactéries.....	27
2.3. Biodégradation des matières organiques dans les stations.....	29
II. PARTIE EXPERIMENTALE.....	33
A) PRELEVEMENTS.....	35
1. PRESENTATION DES DIFFERENTES STATIONS....	35
1.1. Arnas.....	35
1.2. Messimy.....	35
1.3. Thurins.....	39
1.4. Saint-Didier-sur-Beaujeu.....	39
2. ORGANISATION DES PRELEVEMENTS.....	39
2.1. Premiers prélèvements.....	39
2.2. Lieux de prélèvement.....	43
2.3. Choix de la durée.....	43
2.4. Choix de la fréquence.....	44
2.5. Mesure du temps de transit.....	45
2.6. Quantité prélevée.....	45
2.7. Mise en route des dosages.....	46
B) METHODOLOGIE.....	47
1. MESURES DIRECTES SUR LES EAUX.....	47
1.1. Lithium.....	47
1.2. pH.....	47
1.3. DCO.....	47
1.4. DBO ₅	47
1.5. M.S.	47
1.6. Bore.....	48
1.7. Phosphates.....	48
1.8. Détergents anioniques.....	48

	<u>Pages</u>
2. DOSAGES APRES EXTRACTION.....	48
2.1. Mesure de l'indice CH ₂	48
2.2. Dosage des graisses.....	49
2.2.1. Extraction.....	50
2.2.2. Dérivatisation.....	50
2.2.3. Validité des différentes méthodes exposées.....	51
2.2.4. Protocoles permettant de dif- férencier AGL et AGE.....	53
2.2.5. Conditions de CPG.....	54
2.2.6. Protocole d'analyse.....	55
 C) RESULTATS.....	 61
1. RESULTATS INDIVIDUELS.....	61
1.1. Temps de transit.....	61
1.2. Résultats de Messimy.....	61
1.3. Résultats de Thurins.....	81
1.4. Résultats d'Arnas.....	99
1.5. Résultats de Saint-Didier.....	123
2. COMPARAISON ENTRE LES COURBES A L'ENTREE DES DIFFERENTES STATIONS.....	139
2.1. pH.....	139
2.2. M.S.	139
2.3. DBO ₅	142
2.4. DCO.....	142
2.5. Bore.....	142
2.6. Phosphates.....	142
2.7. Détergents.....	142
2.8. Indice CH ₂	145
2.9. Acides gras.....	145
3. COMPARAISON ENTRE LES MOYENNES.....	146
3.1. Rendement.....	146
3.2. pH et charge en pollution.....	149
3.3. DCO, M.S., indice CH ₂ , acides gras..	149
3.4. Phosphates et détergents.....	149

	<u>Pages</u>
3.5. Bore.....	151
3.6. Indice CH ₂ et acides gras totaux....	151
3.7. AGL et AGE.....	153
3.8. Composition en acides gras.....	153
4. ORIGINE DES ACIDES GRAS TROUVES A LA SORTIE.....	158
4.1. Produits de transformation de subs- trats autres que les lipides.....	158
- hydrocarbures.....	158
- détergents.....	159
4.2. Composition en lipides des micro- organismes.....	160
4.3. Conclusion.....	160
III. DISCUSSION.....	163
1. EFFICACITE DES STATIONS.....	165
2. PROBLEME DU REJET EPURE.....	168
2.1. Rejet de l'eau.....	168
2.2. Elimination des boues.....	169
CONCLUSION.....	171
BIBLIOGRAPHIE.....	173

I N T R O D U C T I O N

L'alimentation des villes en eaux potables est un problème sur lequel les écologistes nous alarment depuis une décade. Pourtant Rome, déjà, s'en préoccupait : Lyon en est un témoin vivant puisque nous pouvons encore admirer les vestiges de ses aqueducs. PLINE consacre même un chapitre de son histoire naturelle à la salubrité des eaux, car l'eau des fleuves et des rivières ne convenait pas toujours aux usages de la population.

A cela, il faut ajouter que, depuis des siècles, les fleuves, les rivières et les lacs, servent d'égouts pour les villes. C'est ainsi que les eaux de surface, dont la régénération est assurée par le cycle de l'eau, tendent à être de plus en plus contaminées par les eaux usées.

Ce sont les sociétés de pêche qui, en premier lieu, se sont occupées de faire cesser cet état de chose et la première loi en France, en vigueur jusqu'en 1949, a été promulguée en 1829 en vue de la protection des eaux de pêche.

L'extension des villes et l'incommodité causée par les odeurs putrides, l'opacité des cours d'eaux et la disparition de toute vie aquatique, ont provoqué en outre, pour la population, une gêne qui rendit indispensable leur épuration. Les gouvernements ont dû s'en inquiéter et une politique de l'eau fut instaurée.

Celle-ci, restée longtemps théorique, est devenue effective depuis 1964, et ces dernières années ont pu voir l'éclosion d'une multitude de stations d'épuration équipant de nombreuses communes françaises. En 1977, on recensait 4.000 stations en fonctionnement contre 1.500 en 1972. Et il nous a paru intéressant d'étudier l'efficacité de quelques-uns des modèles mis en service.

.I.

T R A V A U X A N T E R I E U R S

A) - DONNEES GENERALES /

Avant de parler d'épuration d'eaux, il convient de donner quelques définitions : qu'entend-on par pollution des eaux, qu'est-ce-que l'épuration, comment épurer, et enfin, comment connaître l'efficacité de l'épuration ?

1. POLLUTION DES EAUX -

L'activité humaine est source de déchets qui s'accumulent sur les lieux mêmes où elle se manifeste. La pollution est donc une conséquence de la vie en société et son importance est fonction, en premier lieu, de la population, ensuite des activités agricoles et de l'industrialisation. Celle de l'eau revêt une importance toute particulière car les besoins en eau propre augmentent avec la population au même rythme que les rejets en eaux usées (46). La pollution de l'eau a été définie à l'échelon international à Genève, en 1961, comme : "toutes modifications d'ordre physique, chimique ou biologique rendant une eau de surface, une eau souterraine ou une eau marine toxique ou nocive, et par suite inadaptée à un service normal visant à satisfaire les besoins urbains, industriels, agricoles et touristiques, ainsi que la pêche" (112).

Une des premières causes de la pollution est le rejet des eaux usées.

1.1. - Définition des eaux usées :

Celles-ci se composent (22, 42, 46, 117) :

- des EAUX MUNICIPALES OU EAUX USEES DOMESTIQUES qui sont constituées elles-mêmes :
 - . des eaux ménagères, c'est-à-dire de toilette, lessive et cuisine,
 - . des eaux vannes, c'est-à-dire des urines et matières fécales diluées ;

- des EAUX DE RUISSELLEMENT URBAINES ;
- en MILIEU RURAL : des eaux d'origine agricole provenant des déchets d'animaux, des produits d'érosion du sol, d'engrais et de pesticides entraînés par les eaux d'écoulement ;
- en MILIEU URBAIN : des eaux d'origine industrielle de composition minérale ou organique extrêmement variable.

1.2. - Caractéristiques des eaux usées :

On peut considérer les eaux usées sous un triple aspect (42) :

- PHYSIQUE : elles contiennent une certaine quantité de matières dissoutes et de matières en suspension ;
- CHIMIQUE : elles renferment :
 - . des composés minéraux généralement non dégradables, mais qui peuvent utiliser de l'oxygène pour leur transformation en dérivés plus oxydés : c'est le cas des nitrites transformés en nitrates ou des sulfites qui donnent des sulfates ;
 - . des matières organiques complexes telles que sucres, protéines, graisses et nombreux autres composés rejetés par les industries ;
- BACTERIOLOGIQUE : c'est un aspect non négligeable puisque les eaux usées contiennent tous les germes des matières fécales, y compris les pathogènes qui disparaissent généralement plus ou moins vite par antagonisme compétitif dans un milieu non adapté à leur survie. Certains d'entre eux peuvent néanmoins survivre plusieurs années (12). D'autre part, les bactéries jouent un rôle essentiel dans l'épuration.

On admet actuellement que les effluents domestiques correspondent à 150 litres par jour et par habitant, un peu plus dans les villes, un peu moins à la campagne. Pour les industries, on détermine, d'après certaines données analytiques dont nous parlerons plus loin, un équivalent-habitant (23).

S'il a été important de prendre conscience de la pollution des eaux, un état de fait gênant pour tout le monde, il est rapidement apparu nécessaire de l'évaluer et un certain nombre d'analyses chimiques ont été mises au point.

1.3. - Méthodes d'évaluation de la pollution :

(18, 101, 113)

Ces méthodes, très nombreuses, sont de plusieurs sortes :

- LES EXAMENS PRELIMINAIRES : il s'agit là de l'évaluation de l'odeur et de la couleur, souvent provoquée par les matières humiques. Dans ce cas, elle va du jaune clair au brun foncé.
- LES METHODES PHYSICO-CHIMIQUES : dans ce groupe, on trouve :
 - . le pH,
 - . la détermination des matières en suspension (M.S.),
 - . la DBO₅ ou demande biochimique en oxygène, qui correspond à la teneur de l'eau en matières oxydables par voie biologique en cinq jours et mesure ainsi la quantité d'oxygène nécessaire à l'eau pour se purifier elle-même dans des conditions bien déterminées,
 - . la DCO ou demande chimique en oxygène, qui correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau, quelle que soit leur origine,
 - . le test de putrescibilité qui est la mesure du temps mis par une eau en flacon bouché à l'émeri pour décolorer une solution de bleu de méthylène (en se purifiant, l'eau réduit ses sels oxygénés),
 - . le dosage de l'azote Kjeldahl qui représente tous les composés azotés, organiques tels que protéines, polypeptides ou acides aminés et minéraux comme l'ammoniaque. Les nitrites et nitrates sont dosés séparément,
 - . des dosages plus spécifiques comme la recherche d'ions particuliers : c'est le cas du bore et des phosphates. Il peut s'agir encore du dosage des graisses et des huiles, de celui des détergents ou de la recherche des hydrocarbures.
- LES METHODES BACTERIOLOGIQUES qui comportent le dénombrement bactérien, la recherche des germes coliformes, des streptocoques et bactériophages fécaux, des clostridium sulfito-réducteurs et des micro-organismes pathogènes.
- LES METHODES HYDROBIOLOGIQUES qui étudient la faune et la flore des eaux polluées ou l'effet de celles-ci sur des élevages de poissons ou daphnies.
- LA RECHERCHE DE LA RADIOACTIVITE.

En achevant cet énoncé, il faut signaler l'utilisation de modèles mathématiques de pollution de rivières dans le but d'en prévoir l'évolution (68).

De toutes ces analyses, seul un petit nombre est couramment pratiqué et sert de référence. On admet ainsi actuellement (7), par habitant, pour un rejet quotidien de :

65 l $\pm$ 15 en milieu rural et
180 l $\pm$ 35 en milieu urbain,

une charge en pollution moyenne, dans le cas particulier des communes rurales, de :

30 g de DBO_5
54 g de DCO
17 g de M.S.,

le Journal Officiel du 7 novembre 1975 prévoit les chiffres :

57 g de DBO_5
90 g de M.S.

Pour la construction des stations, on préconise actuellement (23) :

75 g de DBO_5 } pour un rejet de 200 litres
110 g de M.S. } par jour et par habitant.

Certains facteurs peuvent modifier les résultats.

1.4. - Variabilité des résultats obtenus -

Influence du débit :

Les paramètres servant à évaluer la pollution peuvent en effet subir de grandes variations, en particulier sous l'influence du débit (9, 42).

Celui-ci varie :

- au cours d'une journée, comme le montrent les schémas de la figure 1 ;

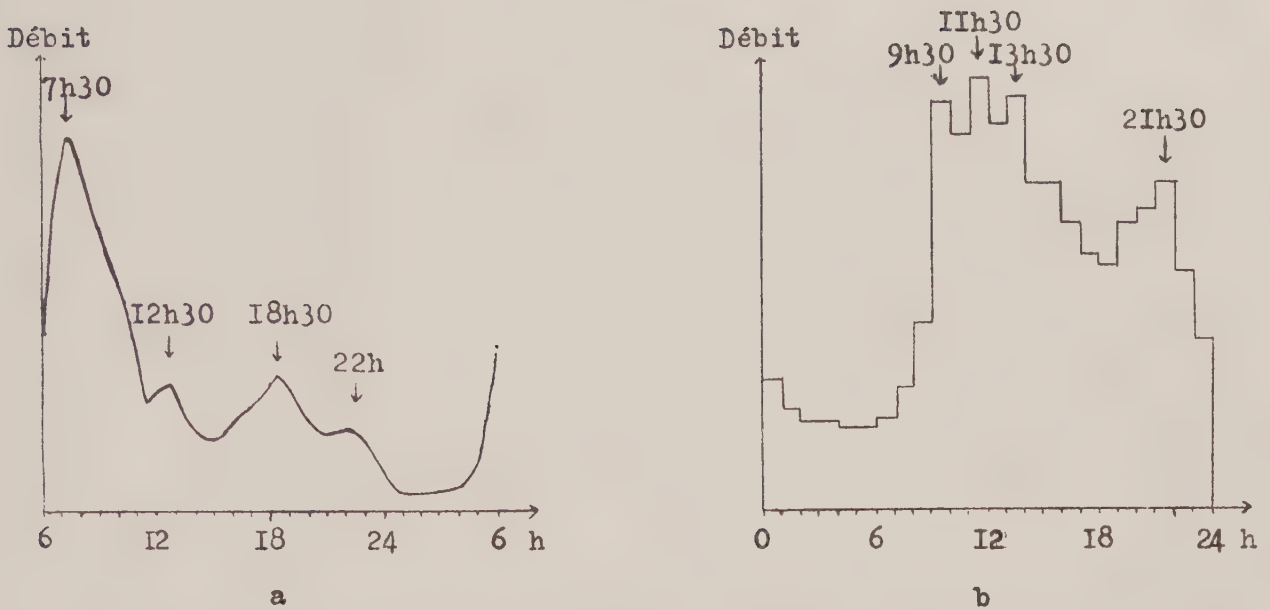


Fig. 1 : Allure générale d'une courbe de débit d'eaux usées au cours de la journée : a, d'après GUERREE (42) ; b, d'après BALLAY, LEBREF (9).

- au cours de la semaine, les variations sont moins sensibles puisque, d'un jour à l'autre, dans les mêmes conditions climatiques, elles n'excèdent pas 10 % ;
- en fonction des intempéries : en période de pluie, d'une part, les eaux de ruissellement augmentent immédiatement le débit ; d'autre part, les eaux d'infiltration qui arrivent plus lentement agissent à plus long terme. De plus, les pluies interviennent en agissant non seulement sur le débit, mais encore sur la charge (9, 117).

Après une longue sécheresse, les pluies provoquent une très forte augmentation de la DCO et de la DBO_5 par reprise des dépôts accumulés dans les canalisations. Les eaux de ruissellement peuvent aussi traverser des zones particulièrement souillées (déchets d'animaux, trop-pleins de fosses à purin, etc...). Le nombre de coliformes peut ainsi passer de 270 à 79.000 pour 100 ml (117). On n'observe de dilution des effluents que lors de pluies de longue durée.

2. EPURATION DES EAUX -

Considérons un cours d'eau limpide. Généralement, plusieurs villes échelonnent ce cours d'eau et si, en aval direct d'une ville, on peut remarquer sa saleté, en amont direct de l'agglomération suivante, l'eau du même cours d'eau est de nouveau limpide. C'est la preuve qu'il existe au sein même des rivières et des fleuves un pouvoir auto-épurant.

2.1. - Auto-épuration - Biodégradation (64, 112, 117) :

Ce pouvoir a été défini comme "le programme naturel qui transforme, à l'aide de l'oxygène dissous dans l'eau, les substances organiques et inorganiques dissoutes ou en suspension en combinaisons inorganiques saturées d'oxygène". Selon le caractère chimique des impuretés, l'auto-épuration peut se faire soit sur la base du métabolisme des organismes aquatiques, c'est-à-dire par voie de fermentation, soit par réaction chimique directe des composés oxydables, dans l'eau ou la vase avec l'oxygène.

Il dépend de plusieurs facteurs (82) :

- MORPHOLOGIQUES : c'est-à-dire le lit de la rivière, sa pente, les ouvrages hydrauliques aménagés sur son cours, la navigation ;
- PHYSIQUES : tels que température et pression atmosphérique, apport et saturation en oxygène ;
- CHIMIQUES : par la nature des constituants du cours d'eau ;
- BIOLOGIQUES : par l'action de la microflore, de la microfaune et des végétaux aquatiques, dont le rôle est capital dans les processus de biodégradation

La biodégradation concerne avant tout les matières organiques, c'est un phénomène naturel tendant à transformer et minéraliser les déchets organiques sous l'action des

micro-organismes, et notamment les bactéries (117). Nous rappelons brièvement les processus de biodégradation :

- EN PRESENCE D'OXYGENE LIBRE, le processus se fait par voie aérobie. On obtient, en bout de chaîne, du dioxyde de carbone, de l'eau, des nitrates et de l'ammoniac (CO_2 , H_2O , NO_3^- et NH_3) ;
- EN L'ABSENCE D'OXYGENE LIBRE, le processus se fait par voie anaérobie, c'est la fermentation qui s'accompagne toujours de la formation de substances malodorantes. Dans ce cas, la phase ultime de biodégradation conduit à la formation de dioxyde de carbone, méthane et ammoniac (CO_2 , CH_4 et NH_3).

2.2. - Principe de l'épuration biologique (117) :

L'homme peut accélérer artificiellement ces processus en favorisant le développement bactérien, c'est le principe de base des stations d'épuration biologique artificielle. Il peut même se produire une adaptation des micro-organismes à certaines substances, ce qui permet d'adapter l'épuration à un type de rejet donné. D'autres organismes, comme les algues et les protozoaires, peuvent intervenir si l'on maintient une teneur suffisante en oxygène dissous. De façon générale, la vitesse de dégradation en milieu aérobie est plus rapide qu'en milieu anaérobie, c'est pourquoi on essaye de maintenir des conditions aérobies dans les stations (82).

Sur cette base, de nombreuses méthodes ont été mises au point. Nous allons les envisager maintenant.

2.3. - Procédés d'épuration (117) :

Dans le traitement des eaux usées, plusieurs procédés sont applicables. On peut les classer de la façon suivante :

- TRAITEMENTS PRIMAIRES OU PHYSIQUES consistant en dessablage, dégrillage et décantation ;
- TRAITEMENTS SECONDAIRES OU BIOLOGIQUES ;

- TRAITEMENTS TERTIAIRES comme coagulation physico-chimique, filtration sur sable, purification par chlore, charbon, ozone, ceux-ci étant utilisés seulement en vue du rejet des eaux usées dans des circonstances particulières.

En pratique, l'épuration des eaux usées s'arrête après les traitements biologiques qu'on peut classer eux-mêmes en :

- naturels : il s'agit
 - . de l'épandage ou épuration par le sol,
 - . du lagunage ou épuration par étendue d'eau dans des étangs de stabilisation et d'oxydation ;
- artificiels : ce sont les lits bactériens et les boues activées qui nous intéressent plus particulièrement et que nous allons donc développer.

Procédé d'épuration par lits bactériens (42, 82) :

Les lits bactériens sont constitués par accumulation, sur une hauteur convenable, de matériaux poreux tels que scories, pouzzolanes, coke, mâchefers ... Ces matériaux, arrosés d'eau brute, se recouvrent, après quelques semaines de maturation, de pellicules membraneuses très riches en colonies microbiennes. Ce sont elles qui assurent l'épuration des eaux usées. Le rapport surface/volume doit être le plus élevé possible et on choisit généralement des matériaux dont le diamètre est de 4 à 8 cm. La hauteur des lits va de 1,50 m minimum à 5 m maximum. L'eau épurée doit pouvoir s'écouler aisément au bas du lit et l'aération être efficace.

Les eaux usées ayant subi un traitement primaire sont réparties sur le haut du lit par arrosage au moyen de sprinklers, ce qui présente l'avantage d'aérer l'effluent. La figure 5 représente une station équipée de ce type d'épuration biologique.

Il peut y avoir recirculation d'eau, ce qui permet de rafraîchir l'effluent à l'arrivée, d'activer le travail

d'épuration et de diminuer les mauvaises odeurs par la présence de nitrates, d'oxygène et d'enzymes entraînées par l'eau déjà épurée.

On distingue les lits à faible charge qui assurent la décomposition de l'effluent et les lits à forte charge qui nécessitent l'adjonction d'un digesteur de boues où se réalise la décomposition des agglomérats formés sur le lit.

Des variantes techniques de ce principe ont été mises au point. Elles évitent le colmatage possible, au bout d'un certain temps, du matériau de remplissage, ce qui nuit évidemment au bon fonctionnement des lits bactériens (8, 42, 82). On trouve donc :

- DES STATIONS A DISQUES BIOLOGIQUES : le matériau qui sert de support aux bactéries est remplacé par des batteries de disques parallèles rotatifs. Ils plongent au tiers dans l'eau à épurer. La rotation lente assure l'oxygénation permanente nécessaire aux bactéries. Là aussi, on peut pratiquer un recyclage des eaux. La figure 6 représente le schéma d'une station de ce type ;
- DES STATIONS A TUBES "CLOISONYLE" (8) : des tubes en matériau synthétique (polychlorure de vinyle) sont cloisonnés intérieurement et assemblés parallèlement les uns aux autres autour d'un axe rotatif. Le cloisonnement assure une multiplication de la surface sur laquelle les bactéries peuvent constituer un lit. L'ensemble tourne lentement autour de son axe et plonge au tiers dans l'eau à épurer comme les disques. Il y a grande surface de contact entre l'eau et les bactéries. La rotation assure, là aussi, leur oxygénation. Le rendement est élevé pour des eaux à forte charge et amélioré par la recirculation. La figure 7 représente le schéma d'une station de ce type.

Procédé d'épuration par boues activées (42, 82) :

Dans ce procédé, les micro-organismes ne sont plus répartis dans une pellicule gélatineuse supportée par un matériau comme dans le cas des lits bactériens. Cette pellicule flotte sous forme de flocons au sein du liquide et son action est beaucoup plus intense, sous réserve que l'oxygène

nécessaire soit fourni de façon artificielle. Il est également important de maintenir les flocons en suspension, ce qu'on peut réaliser par turbulence mécanique ou par insufflation d'air. L'oxygène introduit doit agir à l'intérieur des flocons. Il est possible de mesurer l'activité des boues par dosage enzymatique des déshydrogénases bactériennes (69).

Le schéma d'une station de ce type est représenté par la figure 4.

On assiste à un abandon progressif des lits bactériens au profit des boues activées pour plusieurs raisons :

- dans un but économique, d'abord ;
- à cause de la très grande rapidité de mise en oeuvre des stations à boues, même après passage des rejets inhibiteurs ou toxiques ;
- à cause de la possibilité d'alimentation de la station en eau simplement dégraissée et dégrillée.

Néanmoins, pour les stations de faible importance, les lits bactériens offrent une plus grande simplicité d'exploitation (10).

Les eaux ainsi épurées sont rejetées dans un cours d'eau récepteur où elles sont diluées. Le cours d'eau, déchargé d'un grand travail, peut parachever l'épuration grâce à son pouvoir auto-épurant. Pour éviter, toutefois, des rejets trop disparates, la loi prévoit des normes.

2.4. - Normes de rejets (circulaire du 10.06.1976) :

Reprenant une précédente circulaire du 7.07.1970, la circulaire du 10.06.1976 fixe les conditions auxquelles doivent satisfaire les rejets de stations d'épuration (21^{bis}). Nous les regroupons dans le tableau suivant pour le cas général.

TABLEAU I : NORMES DE REJETS DES STATIONS D'EPURATION
(10.06.1976)

TEMPERATURE.....	inférieure à 30°C
COULEUR.....	invisible
pH.....	entre 5,5 et 8,5
M.S.	< 30 mg/l
DBO ₅	< 40 mg/l
DCO.....	< 120 mg/l
TEST DE PUTRESCIBILITE.....	négatif (5 jours à 20°C)
AZOTE KJELDAHL.....	< 50 mg/l

Ainsi, comme le dit O. JAAG : "C'est le point final du miracle qui, en quatre à cinq heures, fait d'une eau usée fortement polluée par les matières fécales une eau claire et limpide, et s'il reste dans cette eau encore 10 à 20 % de pollution initiale, l'auto-épuration du cours d'eau récepteur saura l'éliminer" (55).

3. RAPPELS SUR LA BIOCHIMIE DES LIPIDES -

Ainsi, l'épuration biologique artificielle des eaux est une manière d'accélérer la dégradation des matières organiques, donc d'activer leur métabolisme. La mesure des paramètres que nous avons définis plus haut permet de caractériser l'état des eaux avant ou après épuration, mais ne permet pas de mettre en évidence le métabolisme des matières

organiques. Il est bien évident que les eaux usées sont un milieu complexe et qu'il est quasi impossible de suivre individuellement chacun des composés qui le forment. Il existe néanmoins des classes de composés qu'on retrouve en fortes proportions et dont la voie métabolique est identique. C'est le cas des lipides.

Nous allons brièvement en rappeler la définition et le métabolisme, puis nous nous attarderons davantage sur leur présence et leur dégradation dans les effluents d'égouts.

3.1. - Définition des lipides (45, 100) :

Les lipides forment un groupe de composés à base d'acides gras. Ils ont une propriété commune, leur très faible solubilité dans l'eau et leur bonne solubilité dans les solvants tels que l'éther, le chloroforme, le benzène ou le tétrachlorure de carbone.

On peut les classer en :

- LIPIDES SIMPLES ou esters d'acides gras et de divers alcools, qui regroupent les huiles et les graisses si l'alcool est du glycérol (cas des triglycérides par exemple), les cires dans les autres cas ;
- et LIPIDES COMPLEXES lorsque la molécule contient, en plus d'acides gras et d'alcool, des groupements divers. C'est le cas des phospholipides.

Par hydrolyse, les graisses libèrent des acides gras. Avec des graisses naturelles, les acides gras obtenus comportent un nombre pair d'atomes de carbone (du fait que leur synthèse se fait à partir d'unités bicarbonées) disposés en chaîne droite. Cette chaîne peut être saturée et les acides gras répondent à la formule générale :



On désigne souvent les acides gras par leur condensation en atomes de carbone :

- exemple : l'acide palmitique comporte 16 atomes de carbone. On le désigne donc par C16.

Si la chaîne est insaturée, les acides sont classés selon leur degré d'insaturation, monoinsaturé comme l'acide oléique, polyinsaturé comme l'acide linoléique. On distingue aussi ces acides par leur condensation en atomes de carbone suivis du nombre de double liaison :

- exemple : l'acide oléique comporte 18 atomes de carbone et une double liaison, on le désigne donc par C18 : 1.

Il faut signaler ici que, biologiquement, quelques acides gras polyinsaturés sont dits "essentiels". Il s'agit de l'acide linoléique (C18 : 2), de l'acide linolénique (C18 : 3) et de l'acide arachidonique (C18 : 4).

Si, de façon générale, les lipides sont insolubles dans l'eau, les acides gras ou les lipides complexes comportant des groupements polaires peuvent partiellement se solubiliser et former des micelles ou des émulsions stabilisées par des agents émulsifiants. C'est ce qui explique l'existence des lipides en fortes quantités dans les eaux d'égouts très riches, comme nous l'avons déjà dit, en molécules de toutes sortes.

3.2. - Origine des lipides trouvés dans les eaux d'égouts :

Les lipides des effluents domestiques proviennent :

- des FECES qui contiennent, à l'état naturel, environ 6 % de lipides, soit 15 à 25 % des matières sèches (26), qui se distribuent de la façon suivante (31) :

C16	25 %	} répartis en (70)	{	acides gras libres (AGL)	38 %
C18	32 %			acides gras estérifiés (AGE)	62 %
C18 : 1	33 %			dont graisses neutres	29 %
C18 : 2	3 %				

Les lipides fécaux proviennent d'une sécrétion intestinale de lipides, de la synthèse bactérienne et des lipides des cellules desquamées (26) ;

- des EAUX DE CUISINE ET DES REJETS ANIMAUX qui reflètent la composition des graisses animales et des huiles végétales se distribuant surtout en C16, C18 : 1, C18 et C18 : 2 pour une faible part (26, 31, 45) ;

- des LIPIDES CONTENUS DANS LES CELLULES VEGETALES, ANIMALES ET BACTERIENNES, entraînées ou contenues dans les eaux. On trouve ainsi dans les végétaux aquatiques de 1 à 7 % de lipides (30 % chez certaines espèces) répartis en eau de mer en 23 % d'acides saturés et 77 % d'insaturés et, respectivement, 42 et 58 % en eau douce (87).

Les micro-organismes contiennent moins de 10 % de lipides sous forme d'acides libres ou estérifiés, les moisissures surtout de l'acide palmitique C16, les bactéries comme Escherichia coli, C16, C18 et C18 : 1 (66, 87) en majorité par ordre d'importance, et à un moindre degré C14 et C12. Les bactéries les plus riches en lipides sont les mycobactéries qui peuvent en contenir jusqu'à 40 % (66).

Les levures, elles, sont assez riches en acides insaturés, c'est le cas de Candida qui, cultivés en aérobie, synthétisent beaucoup d'acide linoléique (C18 : 2) (89).

On estime que C16, C18 et C18 : 1, représentent à eux seuls 80 % des acides gras déchargés dans les stations (71).

Si l'origine des graisses rencontrées dans les effluents est variée, leur métabolisme, au contraire, suit une voie principale.

3.3. - Métabolisme des lipides (72, 100) :

Le métabolisme des lipides fait intervenir des enzymes qui existent dans les cellules animales et végétales (26). Les enzymes peuvent être intra ou extracellulaires, et il faut signaler que les enzymes bactériennes exocellulaires sont efficaces en anaérobie (16).

Les graisses estérifiées sont hydrolysées en alcool et acides gras libres par action des lipases ou des estérases, ou bien encore par saponification. Puis tous les acides gras libres subissent le même processus de dégradation : il s'agit

de la bêta-oxydation représentée par l'hélice de LYNEN schématisée dans la figure 2.

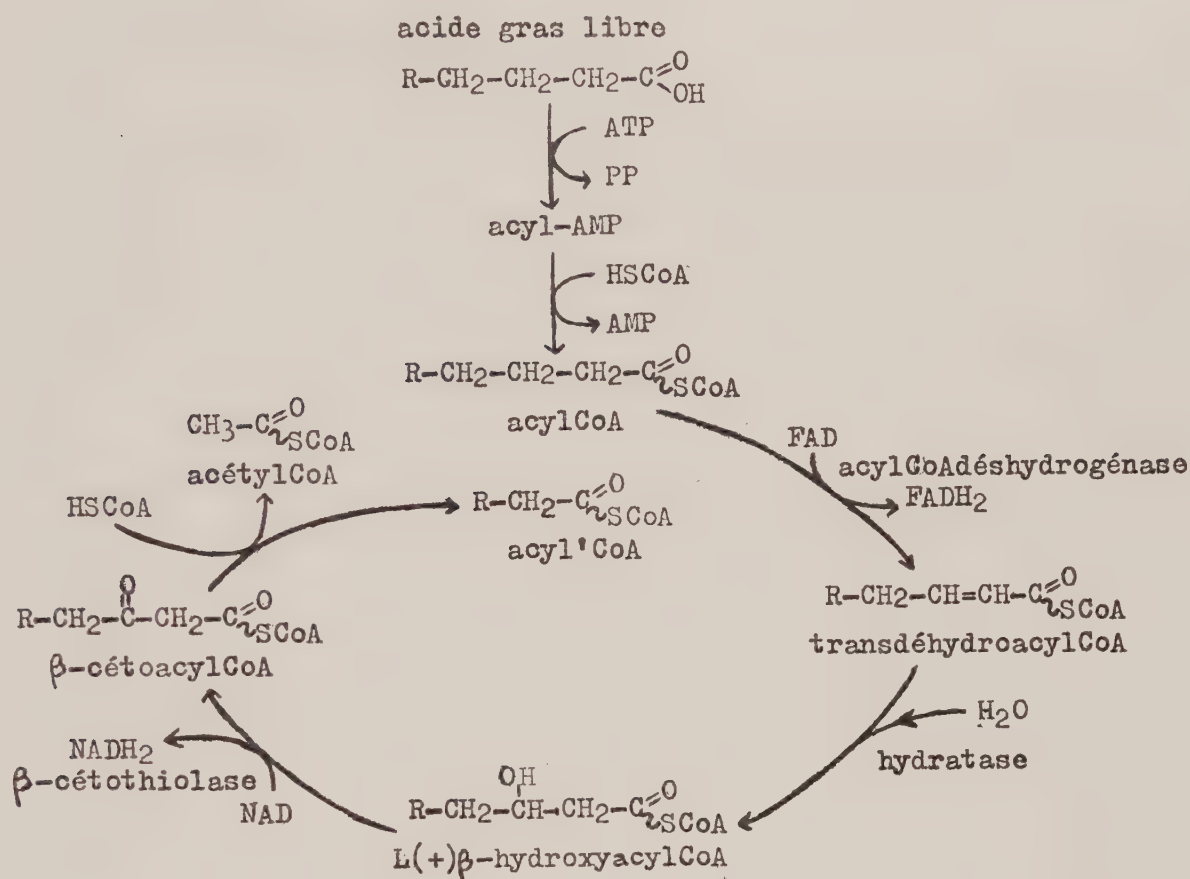
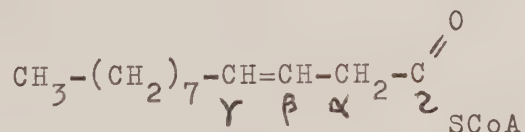


Fig.2: β-oxydation des acides gras

Dans le cas des acides gras à double(s) liaison(s), la dégradation se fait avec départ successif d'unités bicarbonées jusqu'au niveau de la double liaison où il y a migration et isomérisation comme dans le cas de l'acide oléique.

Après élimination de 3 acétyl CoA, on obtient :



La double liaison migre de β-γ en α-β, et la dégradation reprend son cours comme auparavant.

Après le rappel de toutes les notions que nous venons de faire, nous allons exposer le but de notre recherche.

B) - ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DU SUJET

1. RECHERCHE ENVISAGEE -

Parmi les analyses destinées à apprécier plus spécifiquement le degré de pollution, il en est une qui a retenu plus particulièrement notre attention : c'est le dosage des hydrocarbures par la mesure de l'indice CH_2 qui sert à mettre en évidence une pollution par les rejets de pétrole, d'essences ou d'huiles de vidange. Elle est effectuée après extraction de l'eau à analyser par du tétrachlorure de carbone par spectrophotométrie IR à 2.960 cm^{-1} . On mesure l'absorption due à la présence de groupements " CH_2 " des hydrocarbures. Mais, très vite, il est apparu que cette mesure appliquée à des effluents d'égouts révélait toujours des taux élevés semblant peu compatibles avec les rejets en hydrocarbures contenus réellement dans ces eaux. On a donc adjoint à la technique initiale le passage sur Florisil^(R) qui supprimait les substances parasites. Mais on ne connaissait pas la composition exacte de cette fraction. Etant donné que l'extraction se fait en milieu acide par un solvant lipophile, il était logique de penser qu'elle pouvait être constituée par des graisses dont il fallait connaître la composition (19). C'est ainsi que ce travail débuta.

Nous avons donc d'abord cherché à déterminer la composition en graisses d'un extrait d'eaux d'égout réalisé en vue de la mesure de l'indice CH_2 . Or, les graisses sont des composés biodégradables et nous avons pensé que, au niveau d'une station d'épuration biologique, leur dosage à l'entrée et à la sortie de la station pouvait être un indicateur de leur métabolisme à l'intérieur de la station et pouvait donner par là-même une image de l'efficacité de celle-ci, d'une part, sur le plan quantitatif, d'autre part, sur le plan qualitatif.

Il nous fallait donc mettre au point une méthode de dosage des graisses à partir de l'indice CH_2 qui soit simple, rapide, reproductible et fiable. Ce fut la première partie de notre travail.

Il fallait ensuite appliquer cela à une station et, pour établir une comparaison entre plusieurs types d'épuration biologique, à d'autres stations. Nous nous sommes limitée à quatre modèles :

- une station à boues activées, située à Messimy ;
- une autre à lits bactériens sur coke à Thurins, près de Lyon ;
- une autre à lits bactériens sur disques à Arnas ;
- enfin, la dernière à lits bactériens sur tube "Cloisonyle" à Saint-Didier-sur-Beaujeu, les deux dernières localités se situant vers Villefranche-sur-Saône.

Etant donné la grande variabilité des rejets au cours de la journée, nous avons donc prélevé des échantillons d'eaux tout au long d'une journée, ce qui nous a permis de suivre l'évolution des rejets domestiques pendant ce temps. Nous avons élargi ce travail par l'étude de plusieurs paramètres qui peuvent interférer directement ou indirectement sur les graisses.

Avant d'aborder cette étude par son aspect pratique, une recherche bibliographique nous permettra de faire le point sur les travaux réalisés dans ce domaine.

2. TRAVAUX ANTERIEURS -

Les travaux réalisés antérieurement portent sur trois aspects abordés généralement de façon distincte :

- la place des lipides dans les eaux polluées, eaux de rivières ou de mers, et dans les effluents domestiques ;
- la biodégradation des lipides par voie bactérienne et les facteurs qui l'influencent ;
- la biodégradation des matières organiques, dont les lipides à l'intérieur des stations.

2.1. - Recherche des lipides :

Dans les eaux polluées :

Dans le but de mieux comprendre les processus biochimiques de l'eau, LAMAR et GOERLITZ (65), en 1963, ont essayé de séparer, identifier et mesurer certaines substances organiques de l'eau. Des travaux préalables ayant montré l'existence d'acides carboxyliques dans les eaux du golfe du Mexique, ces auteurs ont essayé d'identifier les composés qu'ils ont mis en évidence et ils ont pu caractériser un certain nombre de petits acides gras, de l'acide butyrique (C4) à l'acide laurique (C12), ainsi que d'autres acides carboxyliques fréquents en biologie comme l'acide pyruvique ou l'acide lactique, sans toutefois les doser.

Beaucoup plus récemment, un travail analogue a été réalisé en France, dans le but de déterminer la composition de la pellicule ultrasuperficielle des océans, par MARTY (79) en 1974. Les résultats montrent que cette pellicule contient de l'acide palmitique C16 en forte proportion, suivi des acides myristique C14, laurique C12 et stéarique C18, par ordre d'importance. Comme acides insaturés, il trouve les acides oléique C18 : 1, palmitoléique C16 : 1, linoléique C18 : 2 et linolénique C18 : 3, ce dernier en quantité telle qu'il pourrait provenir d'algues croissant à la surface des océans. L'acide laurique se trouve dans la fraction dissoute des matières organiques.

Des études de ce type nécessitent la mise au point de systèmes complexes pour la récupération du film superficiel (85) des eaux, dans lequel on retrouve toujours une forte quantité d'acides gras libres ou estérifiés.

Dans les effluents bruts :

- DE NATURE INDUSTRIELLE :

Dans les effluents d'égouts, la recherche de matières grasses est une préoccupation ancienne puisqu'on trouve une méthode standard du dosage des graisses publiée en 1955 par l'American Public Health Association de New York (standard method for oils and grease) (13), méthode reprise par la suite en Europe (101). Déversées en très grandes quantités, en milieu industriel surtout, les graisses entraînent le risque d'obstruction des canalisations, l'encrassement de systèmes d'épuration ou même l'attaque du béton de systèmes récepteurs comme le provoquent les acides gras libres rejetés par les laiteries (70, 82).

La méthode standard de l'APHA sert à doser le produit extrait en milieu acide par de l'hexane ou du trichlorotrifluoroéthane au moyen d'un appareil de Soxhlet. Cette méthode longue a été modifiée et on préfère utiliser maintenant l'éther de pétrole (44, 94). Elle est globale et on peut considérer que le vocable "oils and grease" englobe :

- les matières grasses non polaires dérivées du pétrole comme les hydrocarbures ;
- et les matières grasses polaires d'origine végétale ou animale, qui se composent des acides gras, savons, graisses, cires, huiles et autres composés extraits par le processus indiqué (94).

- DE NATURE DOMESTIQUE :

Au niveau des effluents domestiques, il faut attendre quelques années avant de voir apparaître des publications. En 1965, HUNTER et HEUKELEKIAN (49) se sont intéressés à la composition des effluents domestiques en les analysant pendant deux périodes espacées de six mois, pour observer d'éventuels effets saisonniers ou à long terme. Ils ont étudié séparément

la fraction soluble et la fraction particulaire et ont mesuré le pH, les matières en suspension, la DBO_5 et la DCO.

D'après leurs résultats, les variations saisonnières sont négligeables. On trouve même, entre les deux périodes de prélèvements, une composition remarquablement stable des effluents. Les matières organiques représentent 30 % de la fraction soluble, dont 56 % d'acides organiques et 80 % de la fraction particulaire, dont 17 % de graisses.

La fraction soluble est moins oxydable que la fraction particulaire (sa DCO est plus faible).

Les effluents analysés donnent, en moyenne, les résultats suivants :

pH.....	7,2
M.S.	270 mg/l
DBO_5	140 mg/l
DCO.....	285 mg/l
Graisses totales...	25 mg/l

On trouve deux fois plus de graisses sous forme estérifiée (les glycérides étant prédominants) que sous forme libre. Elles se composent à 85 % d'acides saturés, dont 50 % d'acide stéarique C18 et une forte proportion d'acides palmitique C16 et myristique C14, les insaturés étant représentés presque exclusivement par l'acide oléique C18 : 1 (97 %).

Plus tard, HUNTER et FAUST (33) rapportent les résultats d'analyses effectuées sur des effluents anglais et indiens.

Les eaux domestiques anglaises contiennent, en moyenne, 72,5 mg/l d'acides gras de haut poids moléculaire sous forme particulaire. On admet en général la fourchette 50-100 mg/l. Les acides gras libres représentent 5 à 70 % de graisses, les estérifiés 30 à 95 % et sont en majorité saturés (48 à 86 % contre 14 à 52 % d'insaturés).

En Inde, c'est la répartition des graisses qui a été analysée : les acides gras saturés représentent 16,7 mg/l; les insaturés 18 mg/l, composés, par ordre d'importance, d'acide oléique C18 : 1, palmitique C16 et stéarique C18 (respectivement, 17,0, 11,7 et 4,6 mg/l). Des acides volatils de C1 à C5 ont été trouvés à la concentration moyenne de 20 mg/l environ.

D'autres mesures ont été faites sur des effluents ayant subi une épuration, ce que nous allons voir maintenant.

Dans les effluents traités :

Une étude (4) rapporte la composition en matières solubles des effluents d'égouts traités. 95 % des composés ont été identifiés et divisés en substances dialysables (P.M. inférieur à 10.000) et non dialysables. Les substances non dialysables sont en majorité constituées par les substances humiques qui, avec 17,2 mg/l, représentent 53 % du carbone organique total. Les substances dialysables se composent d'acides gras non volatils : 1,89 mg/l, soit 11,8 % du carbone organique total ; d'acides volatils : 5,4 % ; d'amino-acides : 4,6 % ; de détergents anioniques : 3,2 % et non ioniques : 1,6 %.

Une autre étude réalisée par FARRINGTON et QUINN en 1973 (31) traite des hydrocarbures et acides rejetés en même temps que les effluents traités. Ils rapportent les données d'autres auteurs qui ont trouvé de 1 à 69 mg/l de graisses avec une moyenne de 9,3 mg/l. Leurs propres résultats sont : 11,8 mg/l d'acides gras et 5,9 mg/l d'hydrocarbures. Les acides gras trouvés sont les acides palmitique C16, oléique C18 : 1 et stéarique C18, par ordre d'importance relative. Après analyse par chromatographie sur couche mince, les lipides peuvent être classés par ordre d'importance en triglycérides, acides gras et lipides polaires. Du fait de l'absence de C15,

acide constitutif des bactéries, les auteurs concluent que les acides gras trouvés proviennent des huiles végétales et des graisses animales qui seraient incomplètement dégradées, et non de la sécrétion bactérienne.

Ils ont poursuivi leurs travaux par l'étude des sédiments de Narragansett Bay (30) et ont constaté que le dépôt de carbone organique varie dans les mêmes proportions que la quantité d'acides gras, qui est d'autant plus importante qu'on s'approche de l'embouchure des rivières. Et ils concluent que les variations dans l'abondance relative en acides gras et triglycérides proviennent non seulement de la quantité rejetée par les effluents, mais aussi de la synthèse bactérienne.

2.2. - Biodégradation des lipides par les bactéries :

Un très gros travail a été réalisé par LOEHR et ROTH en 1968 (71), qui ont étudié la dégradation par les micro-organismes de sels de sodium et de calcium d'acides gras dans le but de connaître le mécanisme de biodégradation dans les stations d'épuration. Leurs observations montrent que le métabolisme des sels d'acides gras relativement insolubles dépend de la possibilité des sels à être en contact avec les micro-organismes, c'est-à-dire que les acides gras doivent être solubles ou solubilisés par les enzymes extracellulaires des micro-organismes. Ceci explique que les acides à longue chaîne soient moins vite dégradés que les acides à courte chaîne, de même, les acides saturés moins vite que leurs homologues insaturés, les sels de calcium moins vite que les sels de sodium.

La dégradation des acides saturés nécessite une acclimatation des bactéries, ce qui est le cas dans les égouts où les acides gras sont un substrat habituel. Ceux-ci sont parfaitement dégradés par les bactéries par voie aérobie, à condition qu'ils restent un temps suffisant dans l'unité

biologique des stations. Il est par ailleurs possible de sélectionner des souches bactériennes particulières comme les Rhodo-pseudomonas pour dégrader préférentiellement les acides gras (58).

Les résultats de LOEHR et ROTH concordent tout à fait avec ceux de NOVAK et KRAUS en 1973 (95), qui ont étudié la biodégradation d'acides gras à longue chaîne par des boues activées. Ils déterminent des constantes de vitesse de dégradation et constatent que les acides insaturés se comportent tous de la même façon et sont dégradés environ cinq fois plus vite que les acides saturés comme l'acide palmitique C16 ou l'acide stéarique C18. La dégradation des acides gras dépend donc avant tout de leur solubilité.

Il faut signaler que la présence de substituants en alpha entravent énormément cette biodégradation comme le montrent les travaux de DIAS et ALEXANDER (27).

Le dernier travail que nous évoquerons dans ce chapitre est celui de NEDVEK et GURNHAM (94). Les auteurs ont étudié la biodégradabilité des matières extractibles par l'hexane, selon le protocole de l'APHA, à partir d'effluents industriels. Après avoir remarqué que les hydrocarbures représentent une petite fraction des extraits : 23 % en moyenne sur les eaux analysées, ils constatent que l'autre fraction constituée d'huiles grasses est dégradée de 77 à 94 % selon le type d'industrie en question et toujours plus rapidement que les effluents domestiques soumis aux mêmes conditions.

Toutes ces recherches in vitro nous amènent à poser une question : "Que se passe-t-il à l'intérieur des stations" ? C'est l'objet du chapitre suivant.

2.3. - Biodégradation des matières organiques dans les stations :

La détermination des acides volatils totaux étant depuis longtemps utilisée dans le contrôle de la digestion anaérobique des boues (52, 92), BUNCH, pensant que les petits acides volatils pouvaient être les produits de dégradation de substrats comme les hydrates de carbone, les protéines ou les graisses, a essayé de doser ces acides dans les effluents d'égouts et les rivières. Il analyse donc les composés acides de rivières et d'égouts après extraction en continu par l'éther acide. La fraction organique extraite par l'éther représente 46 à 48 % de DCO dans le cas des effluents bruts ou purifiés. Les concentrations en petits acides trouvés (de l'acide formique C1 à l'acide caproïque C6) sont très diminuées entre l'effluent brut et l'effluent purifié, sauf pour l'acide formique et l'acide acétique. Cela serait en accord avec la théorie de dégradation de longues chaînes carbonées en beaucoup plus petites par oxydation et, par conséquent, l'abondance de petits acides dans les effluents épurés. Au niveau des rivières, rien de déterminant n'a pu être prouvé. Il ne semble pas que ces travaux aient été poursuivis.

LOEHR, dont nous avons déjà parlé, reprend ses travaux avec de NAVARRA (70) sur la dégradation des graisses dans les stations d'épuration. Ces auteurs ont prélevé les eaux en différents points d'une station d'épuration, toutes les heures durant 24 heures, compte tenu qu'à l'entrée de la station la concentration en graisses était de 50 à 100 mg/l en moyenne. Ils constatent que les heures de rejets maxima sont 9 et 16 heures. Ils mesurent ensuite la DBO, la DCO, les matières en suspension et les graisses. Le tableau suivant (tableau II) regroupe leurs principaux résultats.

- TABLEAU II -

MESURES EFFECTUEES (mg/l)	EFFLUENT D'EGOUT		‰ ELIMINATION
	ENTREE DE STATION	SORTIE DE STATION	
DBO ₅	287	42	85
DCO.....	640	150	76
M.S.	350	60	82
Graisses....	147	20	84

Les auteurs observent que le taux en graisses croît en même temps que le débit et qu'il est plus important dans la fraction particulaire. Ils poursuivent leur travail par l'analyse des graisses par chromatographie sur couche mince et ils constatent que, dans l'effluent brut, les extraits ont, par ordre d'importance relative, la composition suivante : acides gras libres, hydrocarbures, triglycérides et lipides complexes.

Après le traitement qui diminue la quantité de graisses totales, les proportions changent et la composition des graisses se répartit de la façon suivante : hydrocarbures, lipides complexes et acides gras. On observe donc, en même temps que la durée du traitement augmente, une augmentation relative de la proportion en lipides complexes, qui devient très importante dans les extraits de boues activées. Or, celles-ci contiennent une très grande quantité de cellules bactériennes dont la fraction lipidique prédominante est représentée par les lipides complexes. Donc, dans l'effluent

épuré, on retrouve d'autant plus de lipides complexes que la concentration en boues activées est élevée.

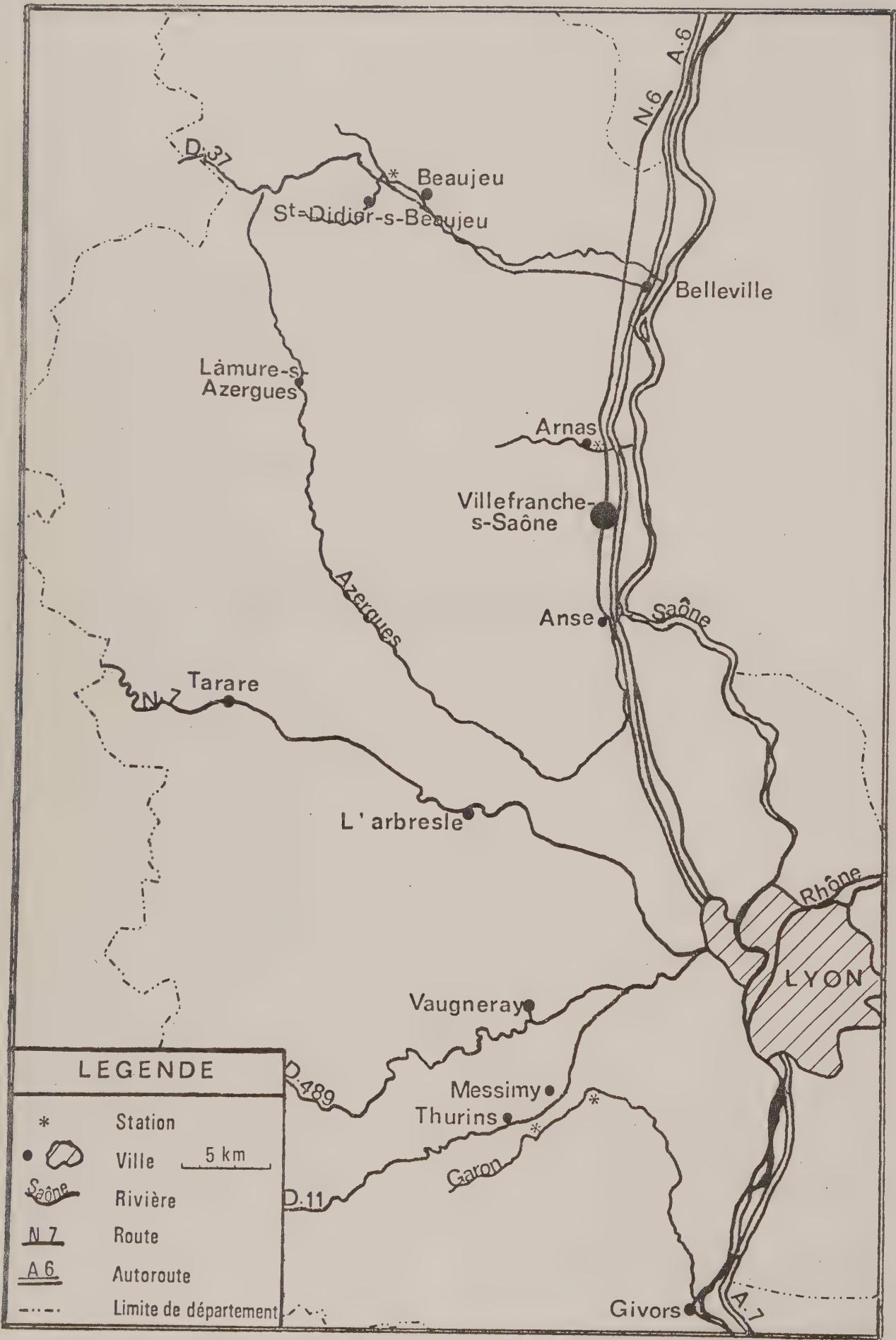
Il existe une corrélation entre DCO, DBO_5 et graisses, mais uniquement au début ou à la fin du traitement épurant, jamais en cours d'épuration.

Après l'exposé de tous ces travaux, nous allons aborder la partie expérimentale de notre travail.

.II.

P A R T I E E X P E R I M E N T A L E

Fig. 3 : Localisation des différentes stations d'épuration



A) - / PRELEVEMENTS /

Dans la première partie, nous avons brièvement rappelé le principe des stations d'épuration et défini notre objectif. Nous abordons maintenant le travail qui a été réalisé et, dans un premier temps, nous allons présenter les stations que nous avons étudiées.

1. PRESENTATION DES DIFFERENTES STATIONS -

Notre étude a porté sur quatre types de stations rurales puisque les communes auxquelles elles sont rattachées ont entre 250 et 1.000 habitants. La carte de la figure 3 les localise précisément, la première étudiée chronologiquement fut :

1.1. - Arnas (57) :

Arnas est une commune rurale du Beaujolais, située au nord de Villefranche-sur-Saône. Elle compte 500 habitants et la station a été établie à la sortie d'un lotissement neuf. Les rejets sont donc essentiellement de nature domestique.

L'épuration biologique se fait par lits bactériens sur disques. Les caractéristiques de la station sont rassemblées dans le tableau III.

La seconde station étudiée est :

1.2. - Messimy (40) :

qui se trouve à une vingtaine de kilomètres à l'est de Lyon. La station reçoit les rejets de 1.200 habitants, de deux blanchisseries et d'une laiterie.

L'épuration biologique se fait par boues activées. Les caractéristiques de la station sont, là aussi, rassemblées dans le tableau III.

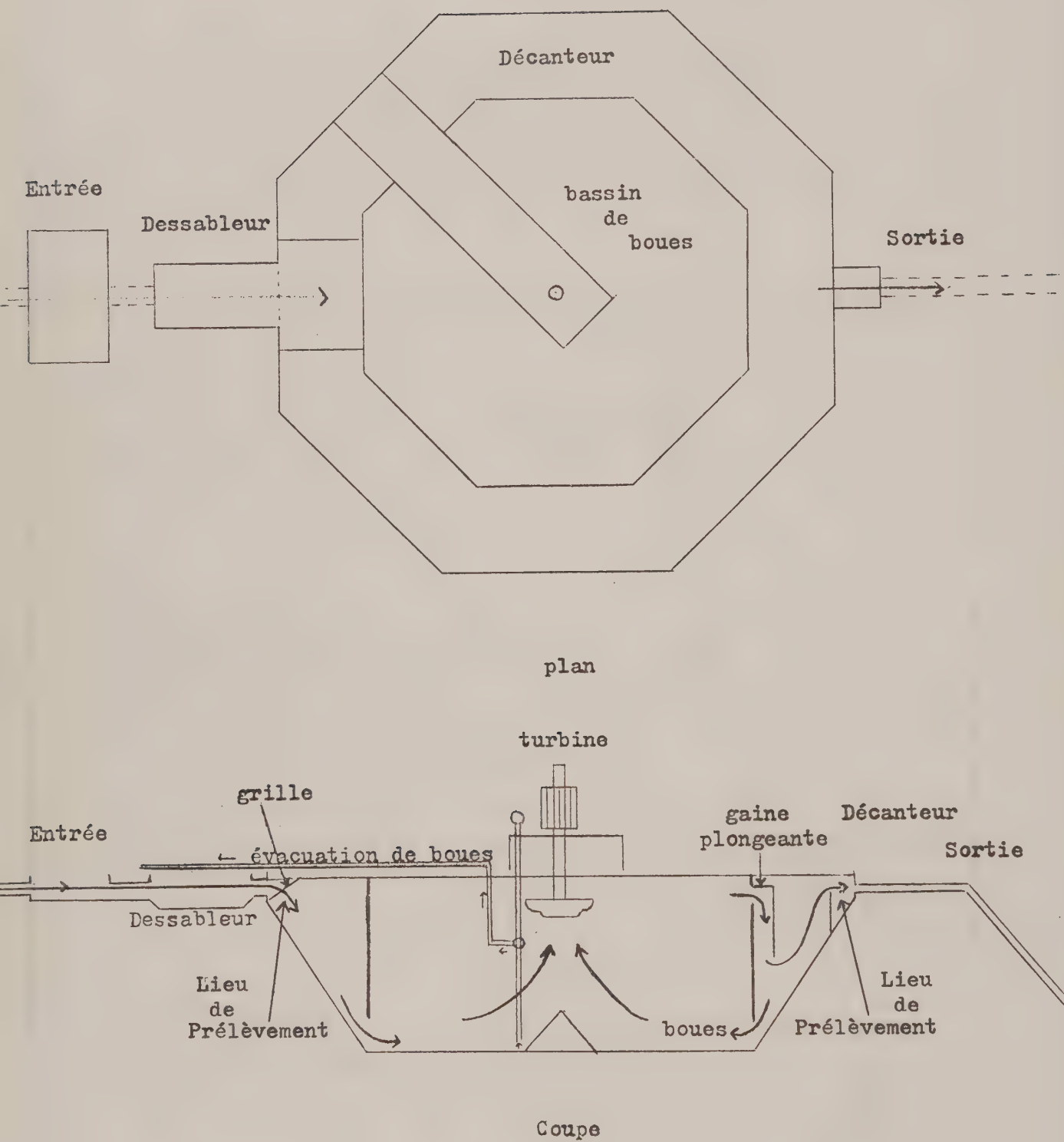


Fig.4: Schéma de la station d'épuration de MESSIMY

- TABLEAU III -

Caractéristiques des stations

Station.....	MESSIMY	THURINS	ARNAS	St-DIDIER
Type de traitement biologique	boues activées	lits bactériens sur coke	lits bactériens sur disques	lits bactériens sur tubes "Cloisonyle"
Nombre d'habitants raccordés	1.200	1.000	500	250
Débit moyen journalier (m ³)	240	200	100	75
Volume traité par jour par habitant (1)	200	200	200	300
Origine des rejets	domestique 1 laiterie 2 blanchisseries	domestique	domestique	domestique coopérative agricole
Déversoir d'orage	+	+	+	+
Dessablage	+	+	+	-
Dégrillage	+	+	+	-
Recyclage des eaux	-	+	+	+
Décanteur I	-	+	+	+
Pompes de relèvement	+	+	+	+
Temps de transit minimal	0 h.	4 h.	4 h.	2 h.
Temps de transit moyen	3 h.	14 h.	8 h.	7 h. 30
Décanteur II	+	+	+	+
Lits de séchage	+	+	+	+
Cours d'eau récepteur	GARON	GARON	BIEF	RAU de St-DIDIER

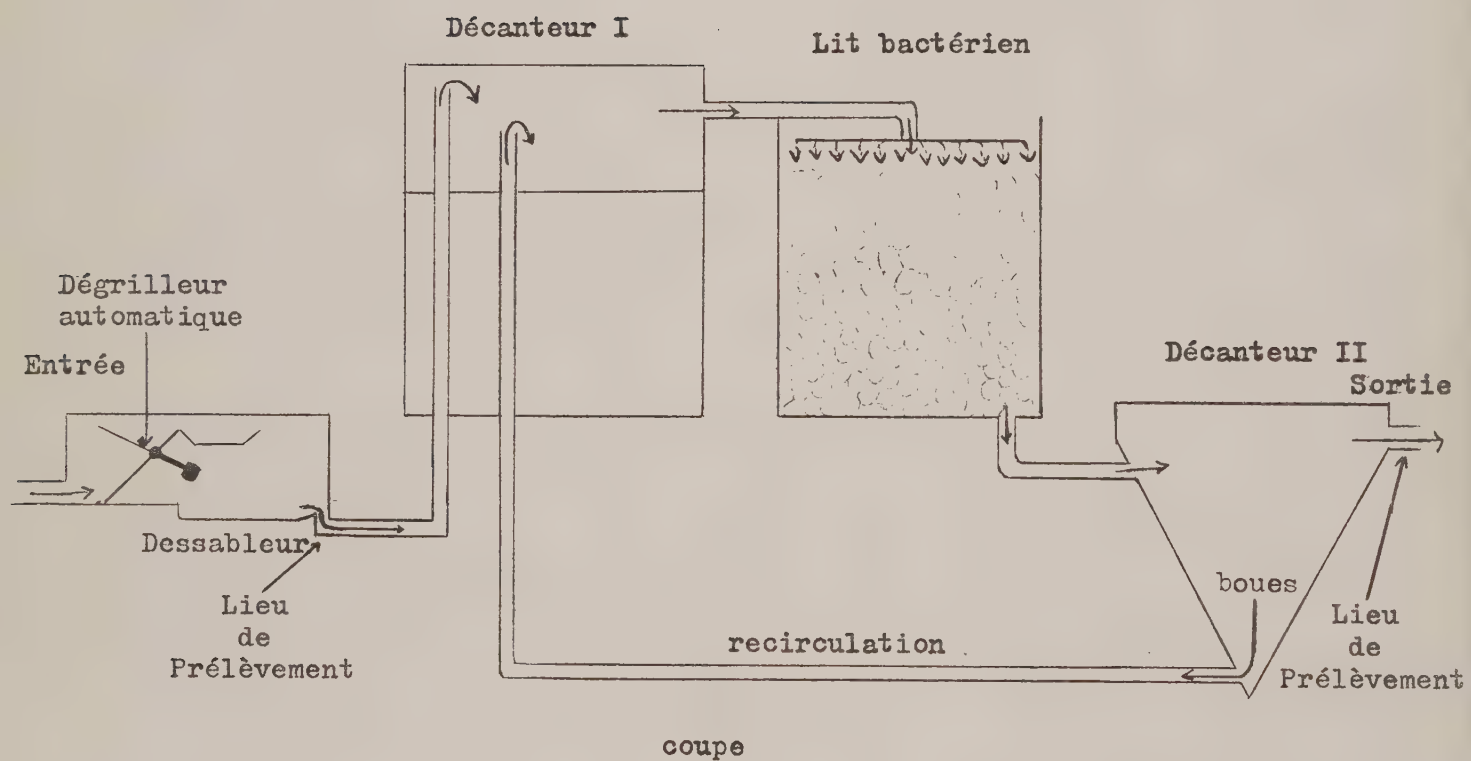
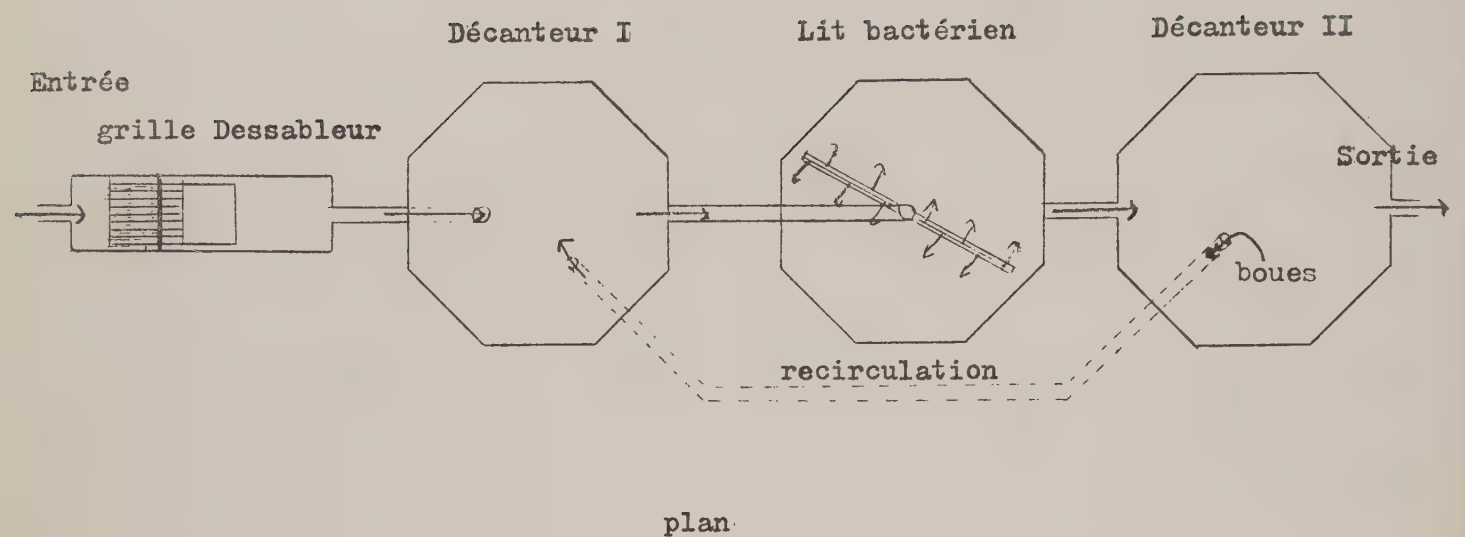


Fig. 5 : Schéma de la station d'épuration
de THURINS

Tout près de Messimy, en amont, les rejets de la station de Thurins s'écoulent dans le Garon. C'est là que nous avons effectué la troisième série de prélèvements.

1.3. - Thurins (40) :

Là, les effluents communaux sont essentiellement domestiques, provenant d'une population de 1.000 habitants. L'épuration biologique est réalisée par des lits bactériens sur coke.

Dans le Beaujolais, à 2 km de Beaujeu, se trouve :

1.4. - Saint-Didier-sur-Beaujeu (57) :

Cette dernière station épure les eaux de 250 habitants, ainsi que les rejets d'une coopérative agricole. L'épuration biologique se fait par des lits bactériens sur tubes "Cloisonyle".

Comme dans les cas précédents, le tableau III regroupe les caractéristiques des stations de Thurins et Saint-Didier.

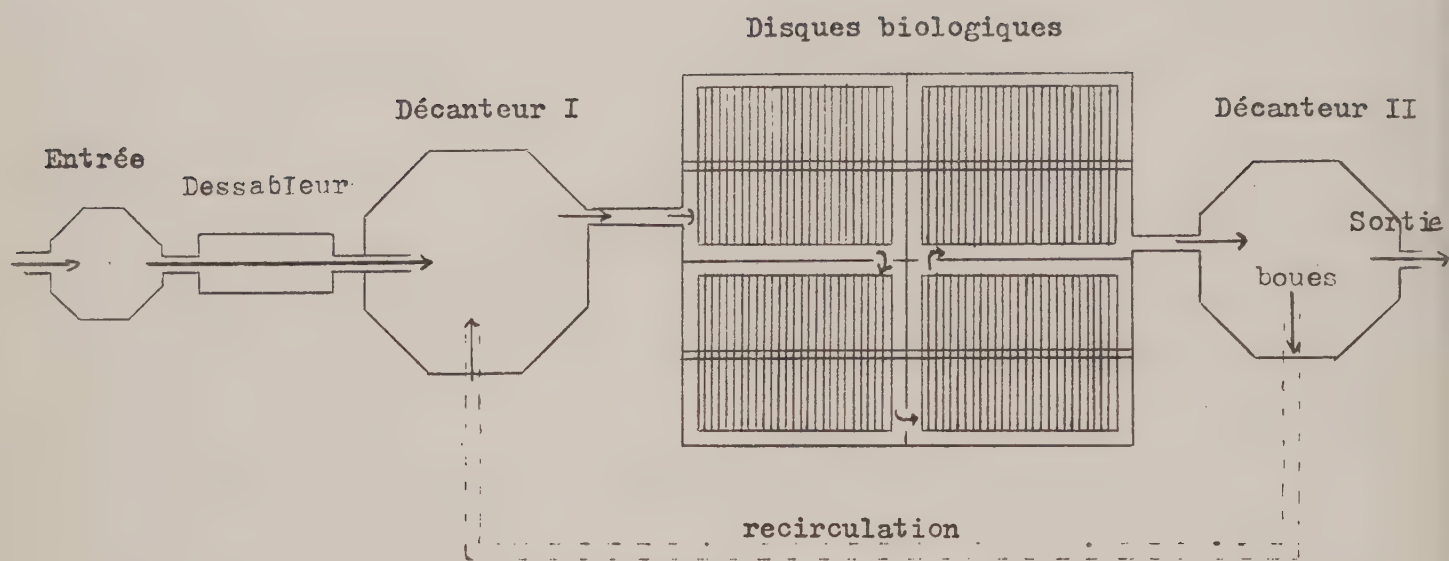
Les figures 4, 5, 6 et 7, représentent les schémas des différentes stations, plan et coupe, et indiquent la circulation des eaux à l'intérieur. Nous y avons également noté les lieux de nos prélèvements.

2. ORGANISATION DES PRELEVEMENTS -

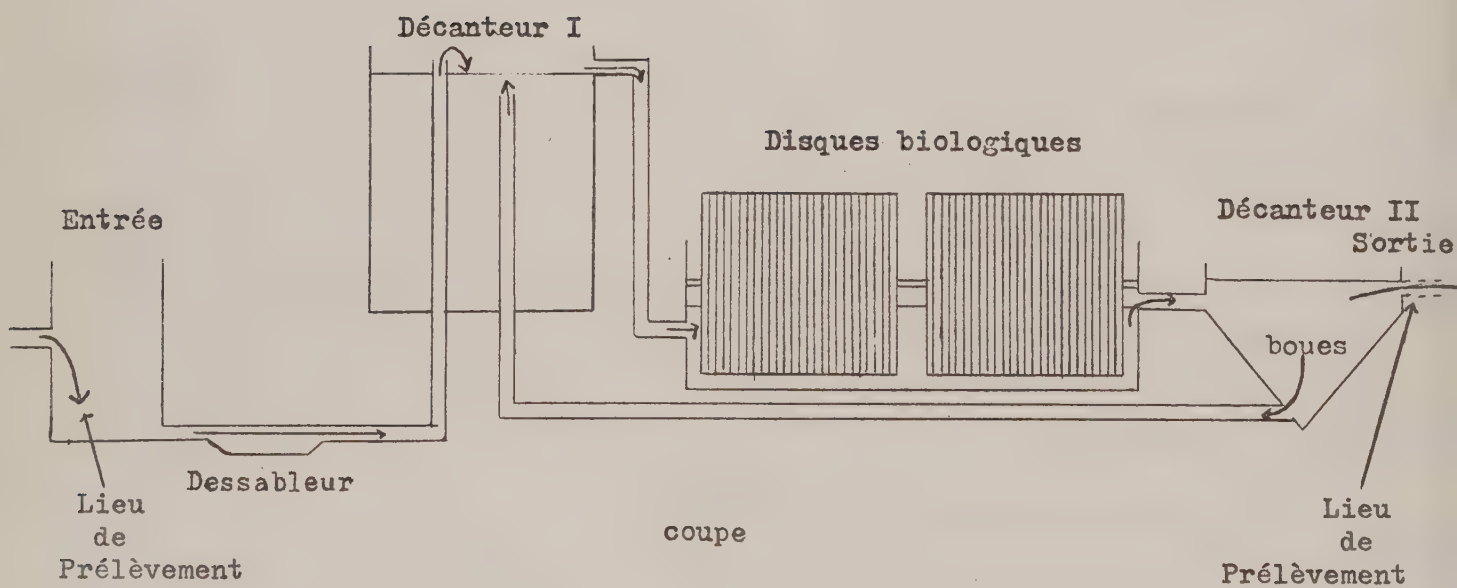
Nous avons réuni dans le tableau IV les coordonnées des différents prélèvements : début, fin, durée du jour.

2.1. - Premiers prélèvements :

Une étude préalable (57, 83), réalisée à Arnas, nous avait donné une idée du fonctionnement de la station tout nouvellement installée. Nous avons donc un certain nombre de



plan



coupe

Fig. 6 : Schéma de la station d'épuration d'ARNAS

- TABLEAU IV -

Caractéristiques des prélèvements

Station.....		MESSIMY	THURINS	ARNAS	St-DIDIER
Caractéristiques des prélèvements (heure légale française)	PREMIER JOUR.....	08/09/1976	19/07/1977	08/07/1975	24/10/1977
	- lever du soleil..	7 h. 19	6 h. 09	4 h. 58	7 h. 26
	- coucher du soleil	20 h. 17	21 h. 44	20 h. 53	17 h. 43
	SECOND JOUR.....	09/09/1976	20/07/1977	09/07/1975	25/10/1977
	- lever du soleil..	7 h. 20	6 h. 10	4 h. 59	7 h. 28
	DEBUT- - entrée..... - sortie..... (premier jour)	5 h. 45 9 h. 45	7 h. 10 h.	6 h. 8 h.	7 h. 10 h.
	FIN- - entrée..... - sortie..... (second jour excepté Messimy - entrée)	23 h. 15 5 h. 45	0 h. 7 h.	6 h. 8 h.	0 h. 6 h.
Heure d'introduction de LiCl à l'entrée des stations.		5 h. 45	7 h.	6 h.	7 h.
Résultats du dosage de Li^+ à la sortie de chaque station (mg/l)					
Délai de prélèvement à la sortie après introduction de 500 g de LiCl à l'entrée de chaque station (heure)	1	-	0,01	0,00	0,01
	1 h. 30	0,20	-	-	-
	2	0,24	0,01	0,00	0,06
	3	0,29	0,01	0,00	0,38
	4	0,27	0,01	0,00	1,02
	5	0,26	0,05	0,04	1,70
	6	0,27	0,02	0,08	2,15
	7	0,25	0,04	0,10	2,40
	8	0,21	0,05	0,11	2,45
	9	0,20	0,15	0,115	2,40
	10	0,19	0,18	0,115	2,30
	11	0,18	0,26	0,115	2,30
	12	0,16	0,29	0,11	2,25
	13	0,16	0,33	0,11	2,15
	14	0,16	0,35	0,11	2,05
	15	0,14	0,34	0,10	2,00
	16	0,12	0,33	0,10	1,85
	17	0,13	0,30	0,10	1,70
	18	0,11	0,27	0,10	1,60
	19	0,10	0,30	0,095	1,50
	20	0,10	0,28	0,095	1,45
	21	0,08	0,29	0,10	1,35
	22	0,10	0,28	0,10	1,35
	23	0,10	0,28	0,095	1,20
	24	0,08	0,27	0,090	-
	25	-	-	0,095	-

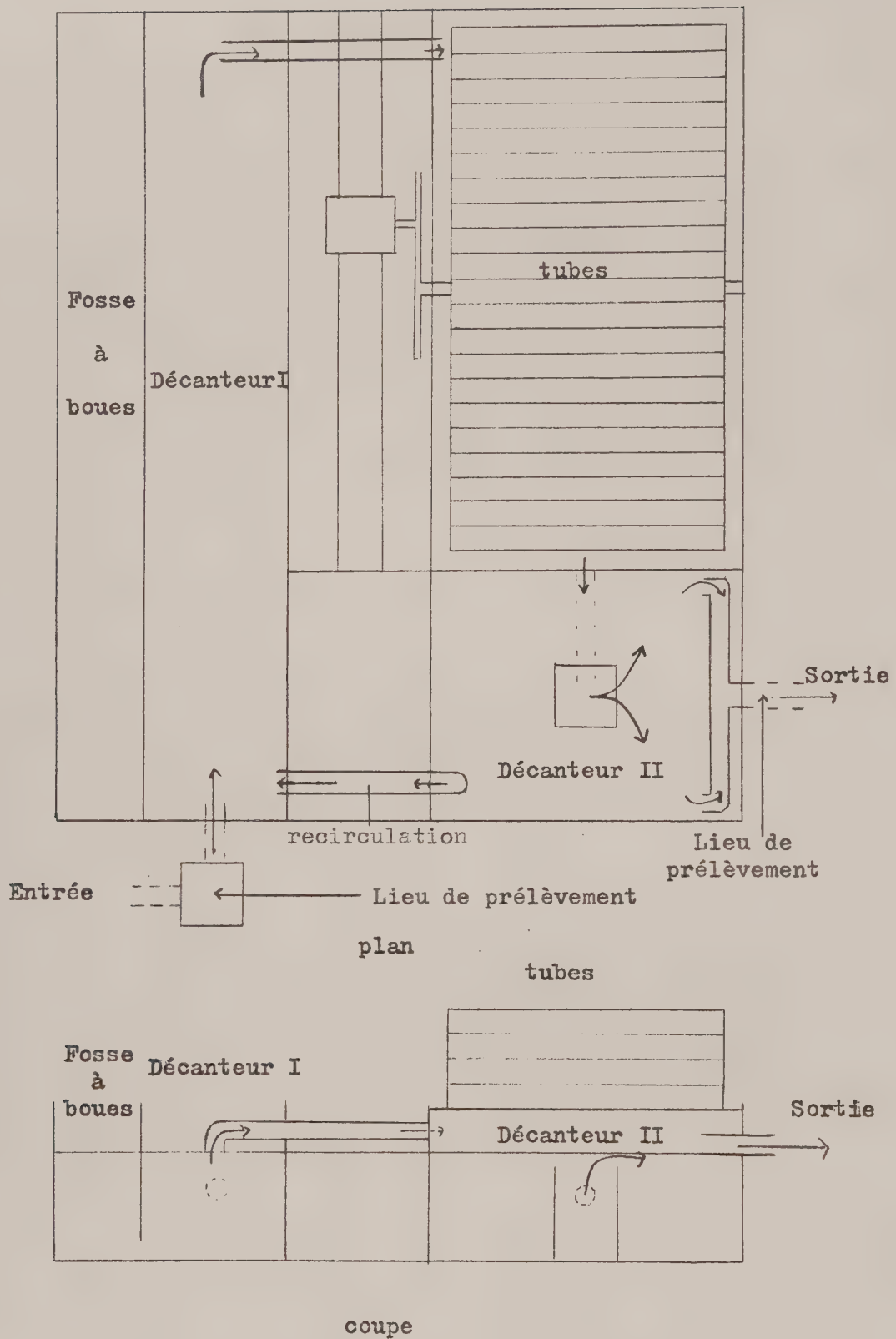


Fig. 7 : Schéma de la station d'épuration
de SAINT-DIDIER-SUR-BEAUJEU

données et les rejets parvenant à la station nous semblaient assez représentatifs d'une commune rurale moyenne munie d'un réseau d'assainissement satisfaisant.

2.2. - Lieux de prélèvement :

A l'entrée, nous prélevons dans le puits d'arrivée (Arnas, Saint-Didier) ou juste après dégrillage (Thurins, Messimy). A la sortie, nous prélevons l'effluent qui s'écoule vers le cours d'eau récepteur. Les schémas des stations indiquent précisément ces endroits.

2.3. - Choix de la durée :

Entrée :

Il semble évident que la pollution soit le reflet de l'activité humaine, par conséquent, logique de débiter la série de prélèvements le matin vers 6 heures, le jour se levant, à l'époque, à 5 heures. Dans un premier temps, nous avons prévu d'effectuer les prélèvements durant 24 heures, tant à l'entrée qu'à la sortie, pour avoir une représentation de l'évolution dans la station au cours d'une journée complète.

Au dépouillement des résultats, nous avons constaté l'inutilité des prélèvements faits après 24 heures et nous avons donc décidé, pour les autres stations, de les arrêter à cette heure-là.

Sortie :

Pour éviter un trop grand nombre de prélèvements, nous avons cherché à décaler leur début à la sortie par rapport à l'entrée, ce temps correspondant au temps de transit minimum à l'intérieur de la station qui avait été déterminé dans l'étude préalable. Au dépouillement des résultats, nous nous sommes aperçus que le temps de transit réel avait changé.

A cela, nous voyons l'explication suivante : le temps de transit dépend du débit, lui-même dépendant de la pluviosité. Or, nous avons cherché à réaliser nos campagnes en période de beau temps pour éviter des perturbations in situ par la pluie. Et il est assez difficile de concilier le temps et l'immobilisation du personnel nécessaire au moment d'une campagne pour les prélèvements et la mise en route des premiers dosages. Il s'écoule donc souvent un laps de temps assez long entre la mesure du temps de transit et la mise en route de la campagne. Les pluies interviennent à ce moment-là par leurs effets sensibles à plus ou moins long terme (7).

Pour la dernière station, nous avons donc abandonné la détermination du temps de transit préalable en conservant le décalage de 4 heures. Il ne semble pas que ce choix arbitraire ait nui à la valeur des résultats.

2.4. - Choix de la fréquence :

Entrée :

Un prélèvement toutes les demi-heures nous a paru raisonnable, compte tenu du mélange des eaux à l'intérieur des égouts et de leur temps d'arrivée de la commune à la station pour l'entrée. Nous avons gardé cette fréquence pour toutes les autres stations.

Sortie :

Dans une premier temps, cette fréquence nous avait paru valable. Puis, d'après les résultats de notre première campagne à Arnas, nous nous sommes aperçu que les variations à la sortie étaient très faibles et qu'une fréquence d'une heure était bien suffisante pour donner un échantillonnage représentatif de la sortie. C'est ce qui a été réalisé pour toutes les autres stations.

2.5. - Mesure du temps de transit :

Cette mesure est faite systématiquement lors de chaque campagne. Nous procédons, chaque fois, de la même façon.

Au temps 0 des prélèvements, on introduit à l'entrée de la station un traceur qui normalement ne s'y trouve pas, en l'occurrence, nous avons choisi le chlorure de lithium.

On dilue environ 500 g de ce produit dans un seau d'eau pris à l'entrée et rejeté au même endroit. Puis, on trace la courbe d'élimination du lithium à la sortie en mesurant son taux toutes les heures.

Un témoin d'eau a été prélevé à l'entrée et à la sortie avant introduction du chlorure de lithium. Il a été négatif dans tous les cas. Le résultat des dosages de l'ion Li^+ à la sortie des stations est donné dans le tableau IV et représenté par la figure 8.

Il semblerait que, selon le traceur choisi, le temps de transit varie selon le degré de rétention du traceur, en particulier dans les lits bactériens. De nouvelles méthodes sont recherchées actuellement pour pallier cet écueil et nous le signalons ici pour mémoire (110).

2.6. - Quantité prélevée :

Nous avons prélevé environ deux litres et demi d'eau à l'entrée et à la sortie. Ils ont été répartis de la façon suivante :

- un tube d'eau pour le dosage de Li^+ (sortie seulement) ;
- un litre sur lequel ont été mesurés le pH, la DBO_5 , la DCO et les matières en suspension ;
- un litre qui a été extrait par le tétrachlorure de carbone. L'extrait a permis de mesurer l'indice CH_2 et de doser les graisses ;
- la dernière partie a servi au dosage du bore, des phosphates et des détergents.

2.7. - Mise en route des dosages :

Les prélèvements ont été ramenés en trois séries à l'Institut Pasteur. Lorsque les eaux n'ont pas pu être traitées dès leur arrivée, elles ont été mises au congélateur à -20°C , au maximum 12 heures avant de mesurer le pH, la DBO_5 , la DCO et les matières en suspension et de les extraire. Dans ces conditions, les eaux ne doivent pas subir de modification avant d'être analysées (9). Seuls les dosages du lithium, du bore et des phosphates, ont été réalisés après un certain délai, la stabilité de ces composés leur permettant d'attendre.

B) - / METHODOLOGIE /

1. MESURES DIRECTES SUR LES EAUX -1.1. - Lithium :

Il est dosé par spectrométrie d'absorption atomique avec flamme à 671 nm, directement dans les tubes qui ont servi aux prélèvements.

1.2. - pH :

Il est mesuré au moyen d'un pH-mètre conventionnel à électrode de verre.

1.3. - DCO :

Elle est mesurée selon la norme AFNOR (1) : on détermine la quantité de dichromate de potassium nécessaire pour oxyder un volume connu d'eau et on l'exprime en milligramme d'oxygène par litre.

1.4. - DBO₅ :

Mesurée aussi selon la norme AFNOR (1), elle détermine la quantité d'oxygène consommée en cinq jours à 20°C par une certaine quantité d'eau diluée par une eau qui apporte de l'oxygène dissous. Elle est aussi exprimée en milligramme d'oxygène par litre.

1.5. - M.S. :

Ce dosage est réalisé selon le protocole indiqué par la norme AFNOR (1). On filtre un certain volume d'eau et on pèse le poids des matières retenues par le filtre après dessiccation à 105°C.

1.6. - Bore :

Il est dosé par la méthode au curcumin selon le protocole de RODIER (101). Le bore forme avec le jaune de curcumin un complexe coloré photométrable à 555 nm.

Un essai pratiqué avec une solution à 40 mg/l de perborate a été négatif. Les perborates n'interfèrent donc pas sur le dosage.

1.7. - Phosphates :

Ils sont dosés automatiquement au moyen d'un appareil Technicon^(R) après hydrolyse en milieu sulfurique à chaud 90 minutes. En milieu acide, les phosphates forment avec le molybdate d'ammonium un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, donne un complexe bleu dont la coloration est intensifiée par un solvant comme l'acétone. On mesure l'absorbance à 608 nm (1, 101).

On dose ainsi les ortho et les polyphosphates.

1.8. - Détergents anioniques :

Ils ont été dosés par la méthode de DEN TONKELAAR (115). En milieu acide, le bleu azur forme avec les détergents anioniques un complexe extractible par le chloroforme proportionnellement à la quantité de détergents. On mesure l'absorbance de la phase chloroformique à 623 nm.

2. DOSAGES APRES EXTRACTION -

2.1. - Mesure de l'indice CH₂ :

Elle est réalisée selon la technique inspirée de la norme AFNOR (1) et décrite par RODIER. On pratique une extraction par le tétrachlorure de carbone en milieu acide chlorhydrique saturé par le chlorure de sodium.

- Mode opératoire :

Eau à doser.....	1 l	} Agitation mécanique 20 mn. Décantation. Récupération sur sulfate de sodium anhydre.
Acide chlorhydrique concentré	10 ml	
Chlorure de sodium.....	50 g	
Tétrachlorure de sodium.....	50 ml	

On utilise des réactifs pour analyses.

L'extrait obtenu est analysé en spectrophotométrie d'absorption infra-rouge à 2.960 cm^{-1} et mesuré par rapport à une gamme étalon de n-décane.

Une solution de laurylsulfate de sodium à 30 mg/l d'eau extraite selon le protocole indiqué donne un indice CH_2 inférieur à 0,1 mg/l qui est la limite de sensibilité de la méthode.

Une solution étalon d'acides gras libres, préparée comme il sera décrit dans la partie relative au dosage des graisses, à 19,26 mg/l de tétrachlorure de carbone, donne un indice CH_2 de 11,2 mg/l (au lieu de 13 mg/l d'après le calcul théorique).

Une solution étalon de tripalmitine à 24,9 mg/l de tétrachlorure de carbone donne un indice CH_2 de 18 mg/l (contre 18,1 mg/l, également d'après le calcul théorique).

On conserve l'extrait dans sa totalité pour le dosage des graisses.

2.2. - Dosage des graisses :

Nous voulions faire une recherche qualitative et quantitative des graisses. Il fallait donc utiliser une méthode séparative qui permette en même temps le dosage. La découverte des méthodes chromatographiques, en particulier de la chromatographie en phase gazeuse (CPG), a donné à l'analyse des lipides des possibilités nouvelles (122). Celle-ci s'imposait donc, mais il nous fallait faire un choix parmi les nombreuses applications offertes.

2.2.1. Extraction :

Elles sont généralement toutes précédées d'une extraction par un solvant des graisses tel que l'éther de pétrole (21) ou l'hexane (62, 77, 94), l'éther éthylique (39), le solvant de Mojonnier (éthanol, éther éthylique, éther de pétrole, ammoniacque : 30 : 30 : 30 : 10) (44) ou dans les milieux biologiques souvent par un mélange chloroforme-méthanol dans les proportions 3 : 1 (45, 89). Il est encore possible d'extraire les acides gras en les adsorbant sur un polymère synthétique (14).

Il faut ensuite doser les lipides extraits. Or, ces lipides sont :

- soit de polarité trop forte comme les acides gras libres, ce qui peut provoquer leur dimérisation à l'intérieur d'une colonne de chromatographie en phase gazeuse ;
- soit de poids moléculaires trop élevés comme les acides gras estérifiés.

Dans les deux cas, la migration en CPG est gênée, ce qui nécessite la transformation préalable des lipides en dérivés moins polaires ou plus volatils (122).

2.2.2. Dérivatisation :

De nombreuses méthodes sont proposées. Pour les AGL il s'agit d'une estérification, dans le cas des AGE (glycérides, phospholipides, lipides complexes) il s'agit soit d'une estérification succédant à une saponification, ce qui revient au premier cas, soit d'une transestérification.

- ESTERIFICATION : l'ester d'acide le plus fréquemment formé est l'ester méthylrique, la formation d'autres dérivés comme les chloro-2-éthanol-esters (96) semblant être abandonnée. La méthylation peut être réalisée (1, 60, 73) :
 - . par action du diazométhane CH_2N_2 (34), gaz obtenu à partir de :
MNNG ou N-méthyl-N' nitro-N-nitrosoguanidine (3, 34), ou de Diazald[®] ou N-méthyl-N-nitroso-p-toluène sulfamide (106),
et utilisé en solution dans l'éther éthylique à température ordinaire ;

- par action du méthanol en milieu acide sulfurique (60), chlorhydrique (109) ou perchlorique (81), souvent remplacé par le trifluorure de bore à 14 % dans le méthanol (84). C'est la méthanolyse acide. La méthylation se produit en général à 100°C en 5 à 15 minutes ;
- par action de l'iodure de méthyle en présence de nitrate d'argent et à chaud (36) ;
- par action d'un dialkylacétal de diméthylformamide (diméthylacétal dans le cas présent) (114). La méthylation peut être achevée in situ après l'injection dans le chromatographe ;
- par action de triméthyl ($\alpha\alpha\alpha$ tri F-m-tolyl) ammonium hydroxyde en présence de méthylpropionate comme catalyseur. La réaction a lieu in situ après injection du mélange réactif - acides gras dans la colonne de chromatographie (77) ;
- par action du iodure de méthyle ou iodométhane en présence de carbonate dipotassique à 90°C pendant 1 heure (41).

La méthanolyse acide et la méthylation par le diazométhane sont les méthodes les plus usitées. On observe néanmoins l'apparition de nouvelles techniques qui permettent le dosage direct d'acides gras libres volatils, en particulier en CPG. Elles sont dues à la synthèse de nouvelles phases comme le FFAP (6, 52, 104), le SP 1000 (103) ou le DEGS imprégné d'acide phosphorique (61).

Nous signalons aussi pour mémoire une méthode tout récemment parue puisqu'elle date de 1977, c'est l'estérification par la 4-bromométhyl 7-méthoxycoumarine qui donne avec les acides gras des esters fluorescents et permet de détecter moins de 1 ng d'acide gras (28).

- TRANSESTERIFICATION : elle peut être réalisée :

- par action du méthoxyde de sodium, CH_3ONa , c'est ce qu'on appelle encore la méthanolyse alcaline. Elle se fait en présence de méthanol et d'un solvant des graisses qui recueille les esters méthyliques à la fin de la réaction (60, 73, 80) ;
- par action de la potasse en présence de méthanol (1, 62).

2.2.3. Validité des différentes méthodes exposées :

Elle a été discutée et on peut en tirer les conclusions suivantes :

- Le DIAZOMETHANE est toxique et explosif, ce qui rend son maniement délicat. Il peut se fixer sur les doubles liaisons des acides gras insaturés pour former des pyrazolines

(73). En solution âgée, il peut donner naissance à des polymères (36).

En contrepartie, il présente l'avantage de méthyler les AGL sélectivement, même en présence d'autres lipides (51, 60), et son usage est suffisamment important pour suggérer la réalisation de différents montages techniques simplifiant son emploi et diminuant le contact possible de l'opérateur avec ce gaz (29, 51, 97, 98).

- La METHYLATION PAR LE METHANOL EN PRESENCE DE TRIFLUORURE DE BORE est meilleure qu'en milieu acide. Cette méthode est très utilisée. Pourtant, elle présente un certain nombre d'inconvénients :
 - la méthylation dépend de l'importance de l'échantillon et, pour des quantités inférieures à 100 mg d'acides gras, on peut avoir de grosses pertes (108) ;
 - d'autre part, le trifluorure de bore attaque les acides insaturés pour former des acides méthoxysubstitués au lieu de méthylés (35), ou bien les décomposer selon la qualité du réactif utilisé (59). Il peut aussi attaquer les acides cyclopropaniques des bactéries et donner des hydroxyacides pouvant interférer avec les résultats (121) ;
 - malgré une bonne fermeture des tubes avec des bouchons en vinyl et une ampoule de Teflon^(R), pendant la méthylation au bain-marie bouillant il peut y avoir une volatilisation du méthanol, ce qui augmente la concentration en trifluorure de bore dans les tubes et provoque leur corrosion (59). Nous avons pu, d'ailleurs, nous en rendre compte ;
 - d'après une étude cherchant à déterminer la composition en lipides de plantes, la méthylation par cette méthode s'est néanmoins révélée bien meilleure que la méthanololyse en milieu chlorhydrique ou sulfurique, ou la méthylation par l'iodométhane en présence de nitrate d'argent (99) ;
 - cette méthode est applicable à toute matière grasse quelle que soit son acidité (63), ce qui permet de réaliser des transestérifications si on fait durer la méthanololyse assez longtemps au bain-marie bouillant. Cependant, la sphingomyéline est mal méthylée et il est nettement préférable de réaliser une saponification avant de méthyler par cette méthode (1, 121).
- La SAPONIFICATION, quant à elle, n'est pas toujours souhaitable puisqu'elle peut provoquer une isomérisation de doubles liaisons, une perte en acides volatils ou solubles, une séparation incomplète ou la formation d'émulsions (73). D'autre part, lorsqu'il y a peu de lipides, elle peut conduire à la perte d'acides gras sous forme de savons (118).

- Ces raisons rendent particulièrement intéressante la METHANOLYSE ALCALINE PAR LE METHOXYDE DE SODIUM qui permet la transestérification à température ordinaire des glycérides, phospholipides et cholestérolipides en cinq minutes (21, 38, 50, 73) :
- . par cette méthode, les acides gras libres ne sont pas méthylés mais donnent des savons. Il est important d'utiliser du méthanol anhydre, sans quoi la réaction risque d'être inhibée (73). La méthode est plus sensible en présence d'un excès d'AGL. Lorsque les AGE sont en plus grande quantité, il risque d'y avoir hydrolyse partielle des esters méthyliques formés au bout de 30 minutes et libération d'acides gras libres (37, 38), risque facilement éliminé par l'acidification du milieu dès la fin de la transméthylation (3, 7) ;
- . il peut y avoir des variations dans les dosages d'acides oléique (C18 : 1) et linoléique (C18 : 2) (38).

Dans certains cas, on cherche à doser les graisses totales et le seul but envisagé est l'obtention des esters méthyliques totaux. Dans d'autres, il est intéressant, si ce n'est indispensable, de différencier les classes de lipides. Différents protocoles, que nous allons voir maintenant, sont proposés dans ce but.

2.2.4. Protocoles permettant de différencier AGL et AGE :

Il est possible de séparer sélectivement les AGL sur résines échangeuses d'ions. Les AGL sont fixés, puis méthylés directement sur la résine (47). On peut encore isoler les AGL, en particulier les volatils, sous forme de savons de baryum libérés ensuite (61).

On peut analyser les triglycérides directement en CPG (53, 63, 91).

Pour doser les graisses totales, on peut pratiquer une méthanolyse alcaline, puis passer en milieu acide. On obtient ainsi les esters méthyliques des acides gras estérifiés et des libres (1, 38, 53, 73, 80).

Pour séparer les différentes fractions lipidiques, on peut pratiquer une séparation sur couche mince et méthyler ou transméthyliser les différentes fractions directement (21, 50) ou non (63, 97, 107). Les esters sont tous transméthylés par le méthoxyde de sodium, les AGL méthylés par le méthanol en présence de trifluorure de bore (21, 50) ou d'acide chlorhydrique (107), ou par le diazométhane (97).

Une analyse circulaire concernant dix laboratoires a montré que, même dans les conditions de travail les meilleures possible, quelle que soit la méthode d'estérification choisie, c'est l'analyse en CPG qui est le facteur limitant dans l'exactitude des résultats. Toutefois, les résultats trouvés, même par le moins bon laboratoire, ne sont pas écartés de plus de 10 % des valeurs moyennes des dix laboratoires (25).

2.2.5. Conditions de CPG :

Pour l'analyse des esters méthyliques d'acides gras, on recommande une phase polaire comme le DEGS (diéthylène-glycol succinate), le BDS (butanediol succinate) ou l'EGA (éthylène glycol adipate), sur un support inerte comme le Chromosorb. On peut utiliser l'analyse isotherme entre 180° et 200°C ou la programmation de température. Le détecteur à ionisation de flamme est le plus usuel (1, 60).

L'EGA est plus polaire que l'EGS ou le DEGS et permet une meilleure séparation de C18 : 3 et C20 (respectivement, acides linoléique et arachidique) (48, 60). Elle permet aussi de sortir ces acides dans l'ordre de leurs poids moléculaires, c'est-à-dire C18 : 3 avant C20 (43).

2.2.6. Protocole d'analyse :

Compte tenu de ces renseignements, nous avons adopté le schéma d'analyse suivant représenté par la figure 9.

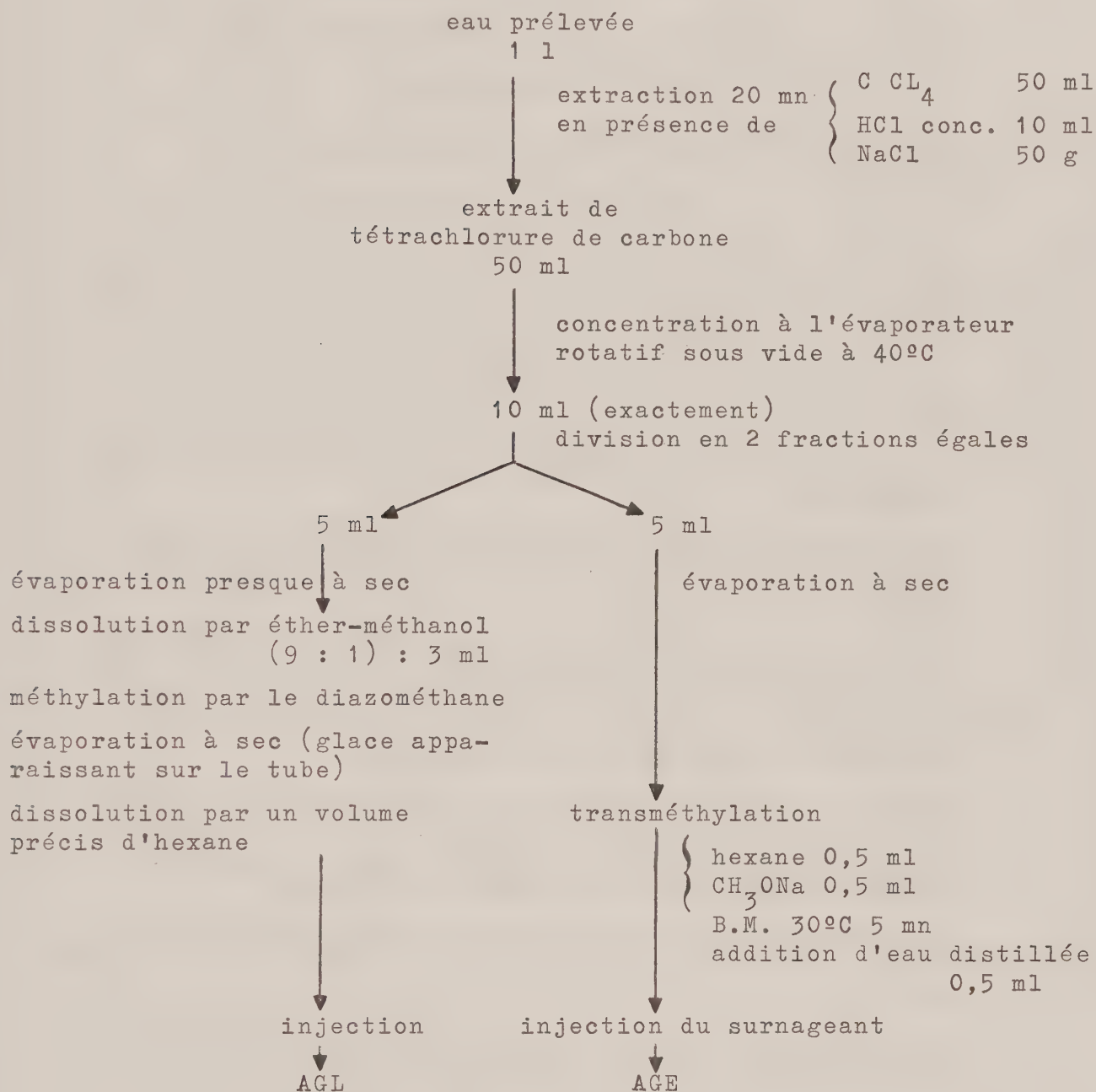


Fig. 9 : Schéma d'analyse des lipides.

- REACTIFS UTILISES :

- . Acides gras puriss - FLUKA - AG - Buchs (Suisse).
 - . Tripalmitine pour biochimie MERCK.
 - . Diazald^(R) - FLUKA - AG.
 - . Potasse pour analyses.
 - . Méthylate de sodium pour synthèse MERCK.
 - . Ether éthylique
 - . Méthanol anhydre
 - . Tétrachlorure de carbone
 - . Hexane pour analyse de résidus MERCK.
- } pour analyses MERCK

Toute la verrerie utilisée, après lavage minutieux, a été dégraissée avec un mélange éther-méthanol.

- ETALONS : a été réalisée la solution étalon suivante : il s'agit d'un mélange d'acides gras constitué d'acides caprylique (C8), caprique (C10), laurique (C12), myristique (C14), palmitique (C16), stéarique (C18), oléique (C18 : 1), linoléique (C18 : 2), linolénique (C18 : 3) et arachidique (C20). Il contient environ 10 mg de chaque acide exactement pesés et dissous dans 50 ml de tétrachlorure de carbone. Cette solution est répartie dans 10 tubes vissés contenant chacun exactement 5 ml, de sorte qu'il y ait environ 1 mg de chaque acide dans chaque tube.

Ce mélange étalon méthylé par le diazométhane, comme il sera décrit plus loin, sert à déterminer le facteur de réponse du chromatographe pour chaque acide gras.

Pour les acides estérifiés, on détermine la réponse de la tripalmitine transméthylée selon le mode exposé plus loin et exprimée en acide palmitique, et on applique les facteurs de réponse de chaque acide corrigés par rapport à l'acide palmitique estérifié.

- TEMOINS : des échantillons de tétrachlorure de carbone, solvant éther éthylique - méthanol (9 : 1) et hexane concentrés sous azote et injectés dans la colonne de chromatographie n'ont pas donné de réponse.

Un mélange étalon d'acides gras dissous dans un litre d'eau et extrait selon la méthode exposée a été récupéré à 92 %.

Ce mélange soumis à la transméthylation est partiellement méthylé puisque, invariablement, 7,5 % de C18 : 1 et 5 % de C18 : 2 ont été méthylés. Cela fait sur le total environ 1,5 % de réponse, erreur qu'on peut considérer comme négligeable. Pour nos calculs, nous avons retransché la fraction de C18 : 1 et C18 : 2 libres des résultats de ces acides estérifiés.

Environ 10 mg de tripalmitine dissous dans le mélange éther-méthanol (9 : 1) soumis à la méthylation par le diazométhane ont donné une réponse inférieure à 0,5 %.

- METHYLATION PAR LE DIAZOMETHANE : elle est réalisée sur une moitié de l'extrait de tétrachlorure de carbone évaporée presque à sec sous azote, et toujours sous une hotte très ventilée.

. Préparation du diazométhane :

On dissout 1 g de Diazald^(R) dans 30 ml d'éther éthylique, puis on ajoute 6 ml de méthanol et 10 ml de potasse à 60 % dans l'eau distillée.

On attend dix minutes, le surnageant (phase étherée) devient jaune vif. On prélève cette phase qui est le diazométhane en solution dans l'éther. On peut le conserver un mois au réfrigérateur.

. Méthylation des acides gras libres :

On dissout le résidu de graisses obtenu après évaporation dans 3 ml du mélange éther-méthanol (9 : 1) et on méthyle au moyen du montage représenté par la figure 10.

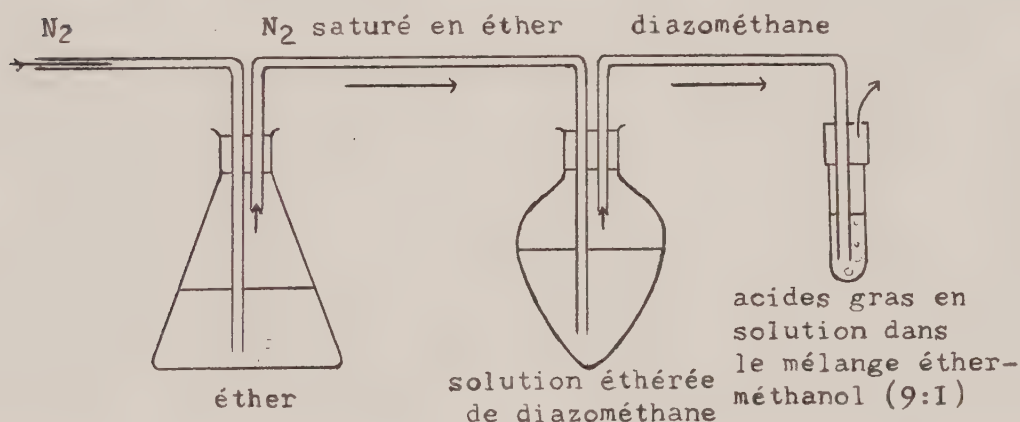


Fig. 10 : Montage générateur de diazométhane

On règle le débit d'azote de sorte qu'on puisse observer deux ou trois bulles par seconde dans le tube. Lorsque la solution que ce dernier contient devient jaune, le diazométhane est en excès et la méthylation terminée. En général, deux ou trois minutes suffisent. Même dans le cas d'extraits colorés en rose, brun ou même jaune, le changement de coloration est toujours appréciable à l'oeil nu.

A ce moment-là, on arrête la méthylation et on évapore sous azote. De la glace se forme extérieurement au fond du tube. Dès qu'elle commence à fondre, l'évaporation

est terminée. On reprend alors par un volume exact d'hexane : 0,25 ml dans le cas d'échantillons dilués, 1 ml lorsqu'ils sont concentrés.

On peut alors injecter dans le chromatographe et nous dosons ainsi sélectivement les acides gras libres en évitant les pertes au maximum.

Nous avons essayé d'utiliser le trifluorure de bore dans le méthanol et l'avons rapidement abandonné à cause des inconvénients évoqués plus haut. Pour notre part, nous avons observé une faible récupération des esters méthyliques. De plus, le solvant de chromatographie est ajouté en grande quantité avant le passage au bain-marie bouillant. Il y a donc risque de modification de volume et une trop grande dilution pour des échantillons faiblement concentrés.

- TRANSMETHYLATION PAR LE METHOXYDE DE SODIUM : la seconde moitié de l'extrait de tétrachlorure de carbone est totalement évaporée à sec, puis transméthylée par le méthoxyde de sodium.

Dans le tube d'évaporation, on ajoute 0,5 ml d'hexane et 0,5 ml de solution de méthoxyde de sodium à 12 %. On agite fortement et on porte au bain-marie à 30°C pendant 5 mn. Puis on ajoute 0,5 ml d'eau distillée.

Cette méthode permet de doser tous les acides gras estérifiés. Nous avons adjoint à la technique initiale la mise au bain-marie à 30°C car, dans nos premiers essais, nous nous sommes aperçu qu'à une température de laboratoire inférieure à 25°C, les résultats étaient inconstants et ne pouvaient provenir des réactifs. Dans nos conditions opératoires, le rendement de la tripalmitine exprimé en acide palmitique est de 99 %.

- CHROMATOGRAPHIE EN PHASE GAZEUSE : elle a été réalisée dans les conditions suivantes :

- . Pour ARNAS et MESSIMY :

Appareil FRACTOVAP GI ERBA-SCIENCE muni d'une colonne en verre borosilicaté de 2 m de longueur et de diamètre intérieur 4 mm, garnie d'EGA à 15 % sur Chromosorb W-AW DMCS (80-100 mesh).

Conditions opératoires :

Programmation de température de 180°C à 210°C à 3°C/mn après 2 mn en isotherme à 180°C pour Arnas. Pour Messimy, programmation de 170°C à 200°C à 3°C/mn après 2 mn d'isothermie à 170°C.

Température de l'injecteur : 230°C.

Détecteur à ionisation de flamme :

Température : 230°C.

Débit des gaz : hydrogène : 50 ml/mn
air..... : 250 ml/mn

Gaz vecteur : azote U (contenant moins de 5 ppm d'eau)
à 30 ml/mn (régulateur de débit incorporé).

Quantité injectée : 1 µl dans tous les cas.

Dépouillement :

On calcule la surface des pics par le produit hauteur -
demi-largeur et on détermine les concentrations à
l'aide des facteurs de correction déterminés avec le
mélange étalon.

L'erreur sur le calcul des surfaces par cette méthode
est estimée à 2,6 % de déviation standard (60).

• Pour THURINS et SAINT-DIDIER :

Appareil FRACTOVAP 2350 ERBA-SCIENCE muni d'une colonne
de verre borosilicaté de 2 m de long et de diamètre
intérieur 3 mm, garnie d'EGA à 15 % sur Chromosorb
W-AW DMCS (80-100 mesh).

Conditions opératoires :

Isothermie à 180°C pour Saint-Didier

" " 185°C pour Thurins.

Température de l'injecteur : 230°C.

Détecteur à ionisation de flamme :

Température de l'injecteur : 230°C

Débit des gaz : hydrogène : 50 ml/mn
air..... : 250 ml/mn

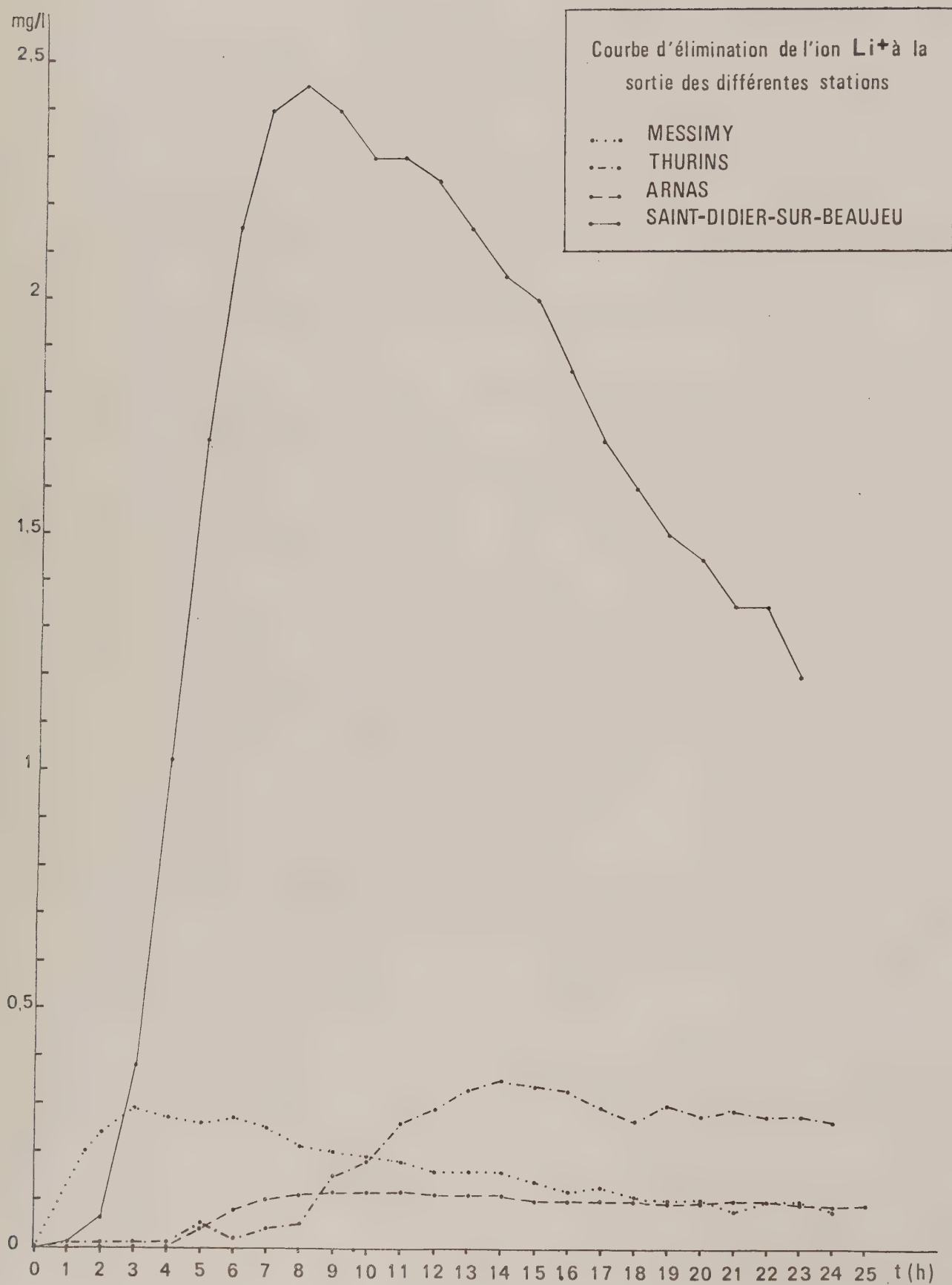
Gaz vecteur : azote U à 30 ml/mn.

Quantité injectée : 1 µl dans tous les cas.

Dépouillement :

Les chromatogrammes sont analysés automatiquement par
un enregistreur-intégrateur HEWLETT-PACKARD 3380 A
après étalonnage externe.

- Fig. 8 -



c) - RESULTATS

Pour leur présentation, nous adoptons non pas l'ordre chronologique de réalisations, mais l'ordre suivant qui tient compte des types d'épuration biologique étudiés, soit :

- MESSIMY..... type boues activées,
- THURINS..... type lits bactériens sur coke,
- ARNAS..... type lits bactériens sur disques,
- SAINT-DIDIER. type lits bactériens sur tubes "Cloisonyle".

1. RESULTATS INDIVIDUELS -

1.1. - Temps de transit :

Il a été déterminé d'après les courbes de la figure 8. On peut distinguer deux moments :

- le temps auquel on voit apparaître le lithium à la sortie de la station et on s'aperçoit qu'à Messimy le lithium passe immédiatement. Il faut attendre quatre heures à Thurins et Arnas et une heure à Saint-Didier pour retrouver le lithium. On peut considérer ce temps comme le temps de transit minimum dans une station ;
- le second moment est le temps de plus forte concentration en Li^+ qui correspond au temps de transit moyen. On trouve pour Messimy : trois heures, Thurins : quatorze heures, Arnas : huit heures, et Saint-Didier : sept heures trente.

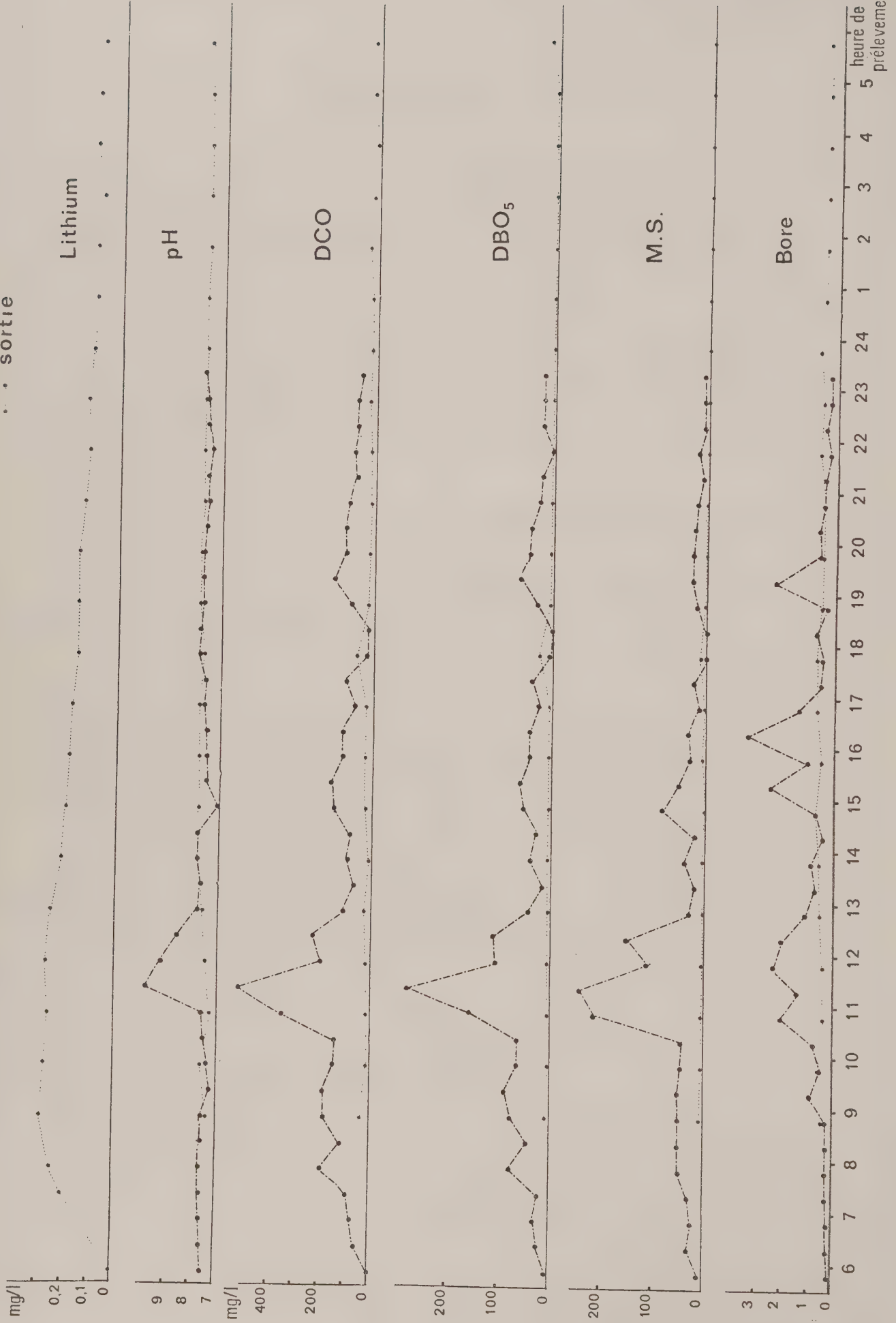
1.2. - Résultats de Messimy :

Ils sont regroupés dans les tableaux V à IX pour l'entrée et X à XII pour la sortie, et schématisés par les courbes des figures 11 à 14 (pages suivantes). Sauf exceptions signalées, les courbes de la sortie ne sont pas évoquées du fait de leur régularité.

Fig. 11 :

Courbes de dosages de la station d'épuration d'eaux de MESSIMY

—•— entrée
... sortie

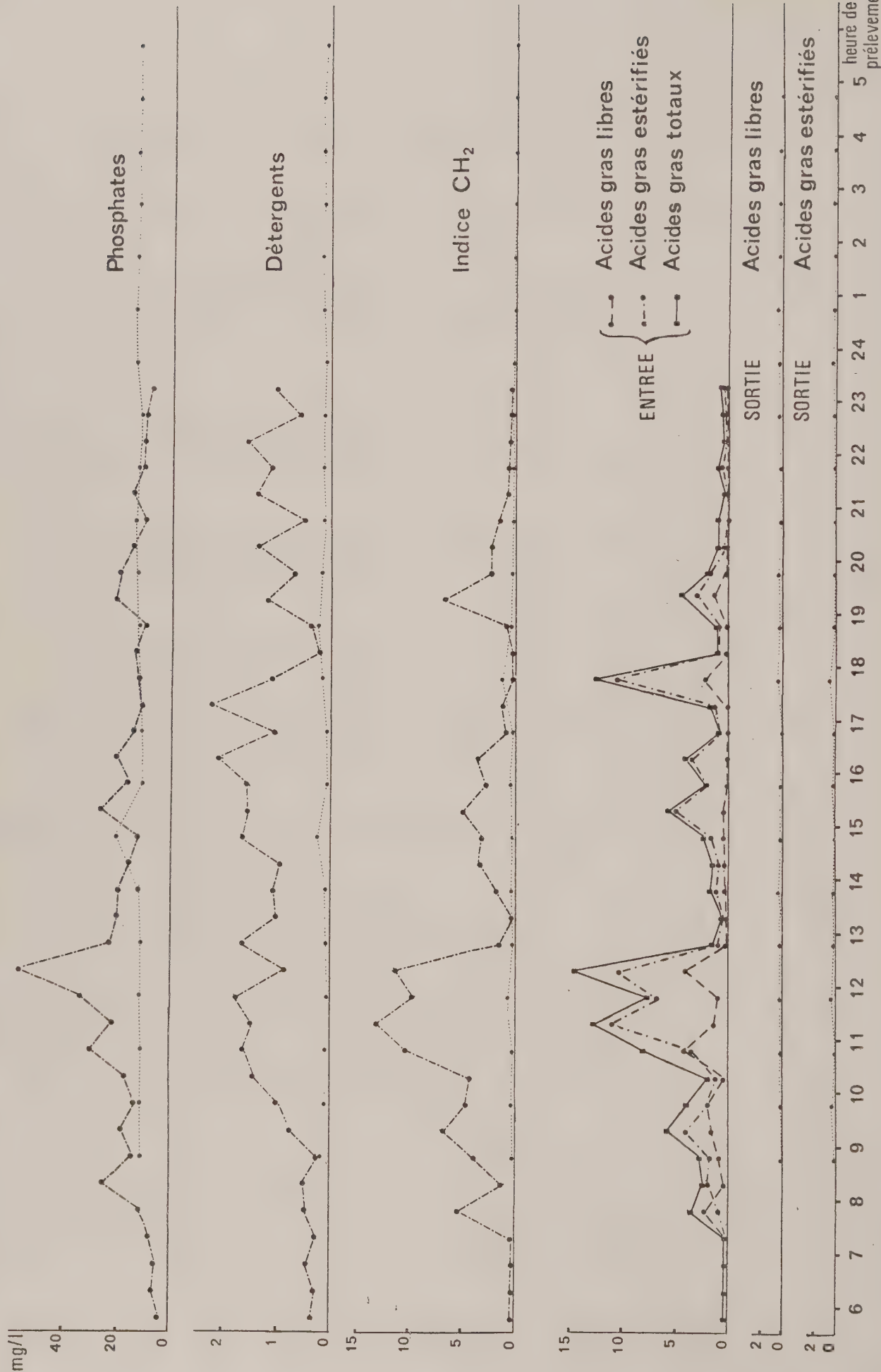


- pH : moyenne à l'entrée : 8,42, à la sortie : 7,65.
 - . A l'entrée, on note les plus fortes élévations de pH entre 11 h. 15 et 12 h. 15 avec une pointe à 9,8 à 11 h. 15.
- DCO : moyenne à l'entrée : 128 mg/l, à la sortie : 23,3 mg/l.
 - . A l'entrée, on peut observer un pic à 7 h. 45, un plateau vers 9 h., puis un très fort pic de 10 h. à 13 h. Après une baisse, on retrouve un nouveau pic vers 15 h. et un à 19 h. 30.
- DBO₅ : moyenne à l'entrée : 51 mg/l, à la sortie : 3,6 mg/l.
 - . A l'entrée, la courbe est parallèle à celle de la DCO.
- M.S. : moyenne à l'entrée : 45,6 mg/l, à la sortie : 2,0 mg/l.
 - . A l'entrée, la courbe est plus accentuée. Les rejets les plus forts en M.S. se situent de 10 h. à 13 h. avec un maximum à 11 h. 15, puis à 15 h., puis de 19 h. à 21 h.
- BORE : moyenne à l'entrée : 0,89 mg/l, à la sortie : 0,56 mg/l.
 - . A l'entrée, les pics de rejets se situent de 10 h. à 13 h. le matin, puis 15 h. 15, 16 h. 15 et 19 h. 15.
- PHOSPHATES : moyenne à l'entrée : 16,8 mg/l, à la sortie : 13,1 mg/l.
 - . A l'entrée, on peut remarquer des élévations de rejets à 8 h. 15, 10 h. 45, 12 h. 15, 15 h. 15, et de 19 h. 15 à 20 h. 15.
 - . A la sortie, on peut observer un pic à 14 h. 45.
- DETERGENTS : moyenne à l'entrée : 1,06 mg/l, à la sortie : 0,14 mg/l.
 - . A l'entrée, de 9 h. 15 à 12 h., on observe une élévation progressive, puis à partir de 14 h. 45 jusqu'à 17 h. 45, de nouveau une forte concentration. A partir de 19 h. 15, la courbe est irrégulière mais avec des taux toujours assez élevés.
- INDICE CH₂ : moyenne à l'entrée : 3,30 mg/l, à la sortie : 0,27 mg/l.
 - . A l'entrée, on observe un maximum à 7 h. 45, 9 h. 15, puis entre 10 h. et 13 h. Après une petite progression entre 14 h. et 16 h., on note de nouveau un pic important à 19 h. 45.

Fig. 12 :

Courbes de dosages de la station d'épuration d'eaux de MESSIMY (suite)

--- entrée
... sortie



- ACIDES GRAS :	moyenne :	
	à l'entrée (mg/l)	à la sortie (mg/l)
AGL.....	0,78	0,12
AGE.....	2,37	0,136
AG totaux..	3,15	0,255

- . A l'entrée, en moyenne, on retrouve des acides gras surtout sous forme estérifiée. Le matin, la proportion en AGL est à peu près équivalente à la proportion en AGE. Au contraire, on retrouve plus d'AGE le soir.
- . La courbe des AG totaux est assez parallèle à celle de l'indice CH₂, sauf à 17 h. 45. Elle présente des pics à 7 h. 45, 9 h. 15, de 10 h. 15 à 12 h. 45, puis 15 h. 15. A 17 h. 45, on observe un pic à peu près équivalent à celui de midi, le dernier se situant à 19 h. 15.
- . Les acides gras libres, à l'entrée, sont essentiellement composés de C16, C18 et C18 : 1, à la sortie, de C18 : 1. Le matin, on trouve davantage de C12 et C14 à l'entrée et, le soir, plus d'insaturés comme C18 : 2 et C18 : 3.
- . Les acides gras estérifiés ont une composition plus variée. A l'entrée, on observe, le matin, des rejets maximaux à 10 h. 45 et 12 h. 45 et, le soir, un pic à 17 h. 45. Le matin, la composition fait apparaître une certaine quantité d'acides à courte chaîne, de C8 à C12, qu'on ne retrouve pas le soir.

A la sortie, on retrouve C16, C18 et C18 : 1.

A l'entrée, les principaux acides retrouvés sont C16 et C18 : 1, le soir, on retrouve une proportion de C18 augmentée.

A partir de ces résultats, on peut dire que l'effluent de la station est conforme aux normes de rejets fixées par la circulaire du 10.06.1976 données dans le tableau I (page 15).

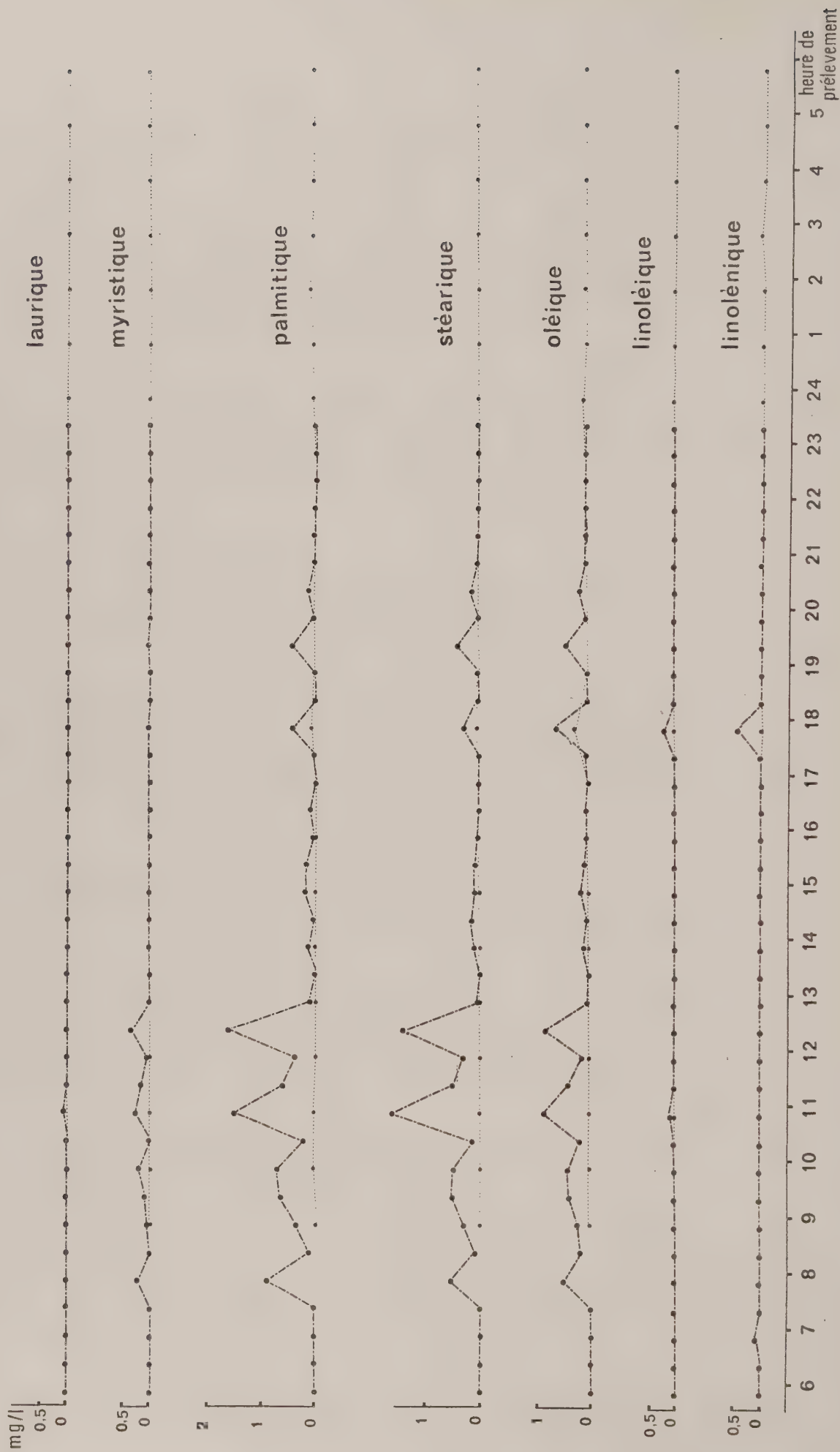
Un diagramme reportant à chaque instant de la journée les valeurs s'écartant à $\pm 10\%$ et $\pm 20\%$ des valeurs moyennes permet de déterminer les heures des prélèvements les plus représentatifs de la moyenne à l'intérieur de la station. On fait l'addition de tous les points de chaque

Fig. 13 :

Courbes de dosages de la station d'épuration d'eaux de MESSIMY (suite)

—•— entrée
... sortie

Acides gras libres



colonne, les colonnes comportant le plus de points étant les plus représentatives.

Il a été établi un diagramme pour l'entrée (fig. 15) et un pour la sortie (fig. 16).

Les heures des prélèvements les plus représentatifs sont :

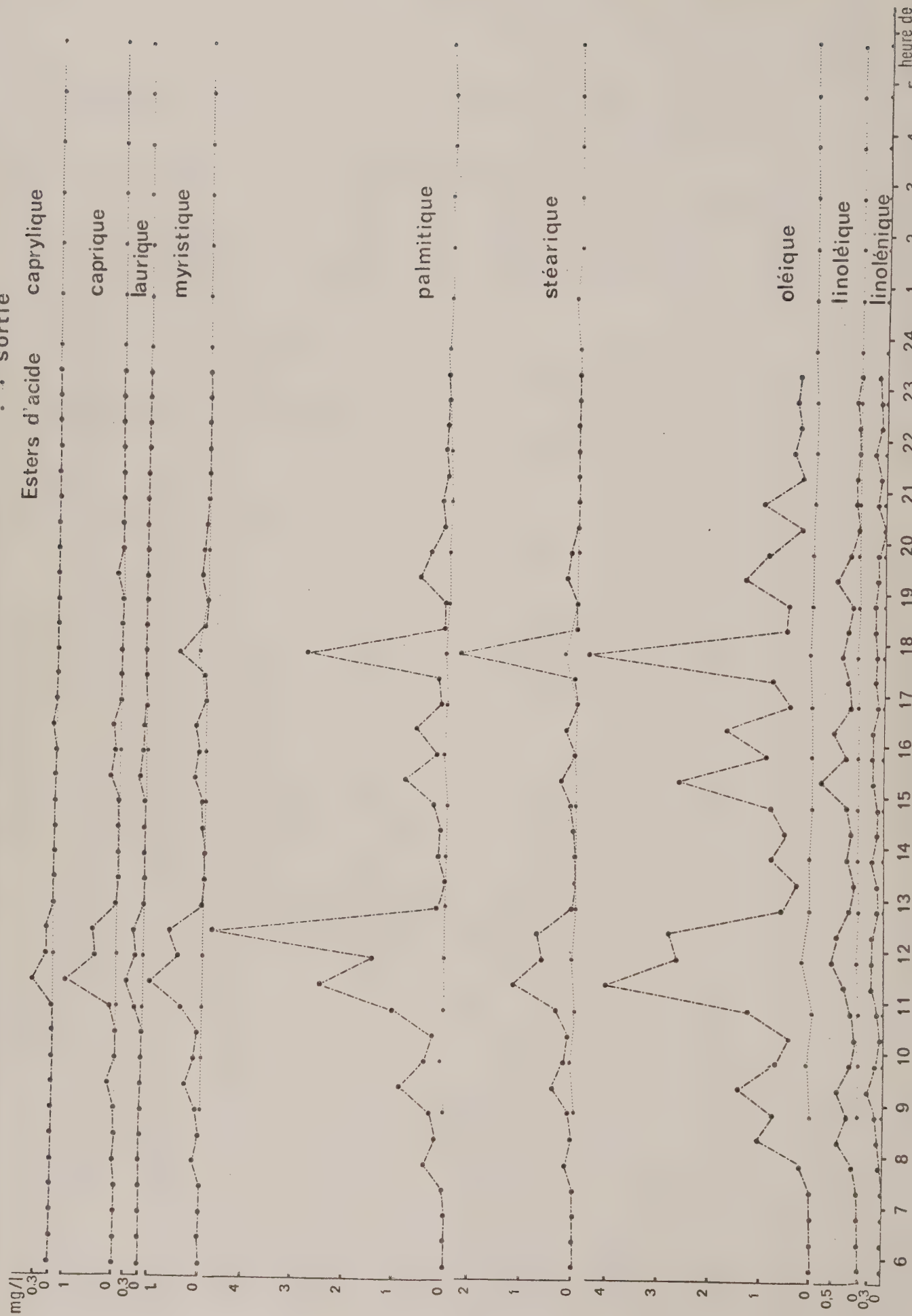
- à l'entrée : à 16 h., 14 h. et 10 h. ;
- à la sortie : à 19 h., 13 h., 21 h. et 24 h.,

au prorata du nombre de paramètres significatifs correspondant au nombre de points.

Fig. 14 :

Courbes de dosages de la station d'épuration d'eaux de MESSIMY (fin)

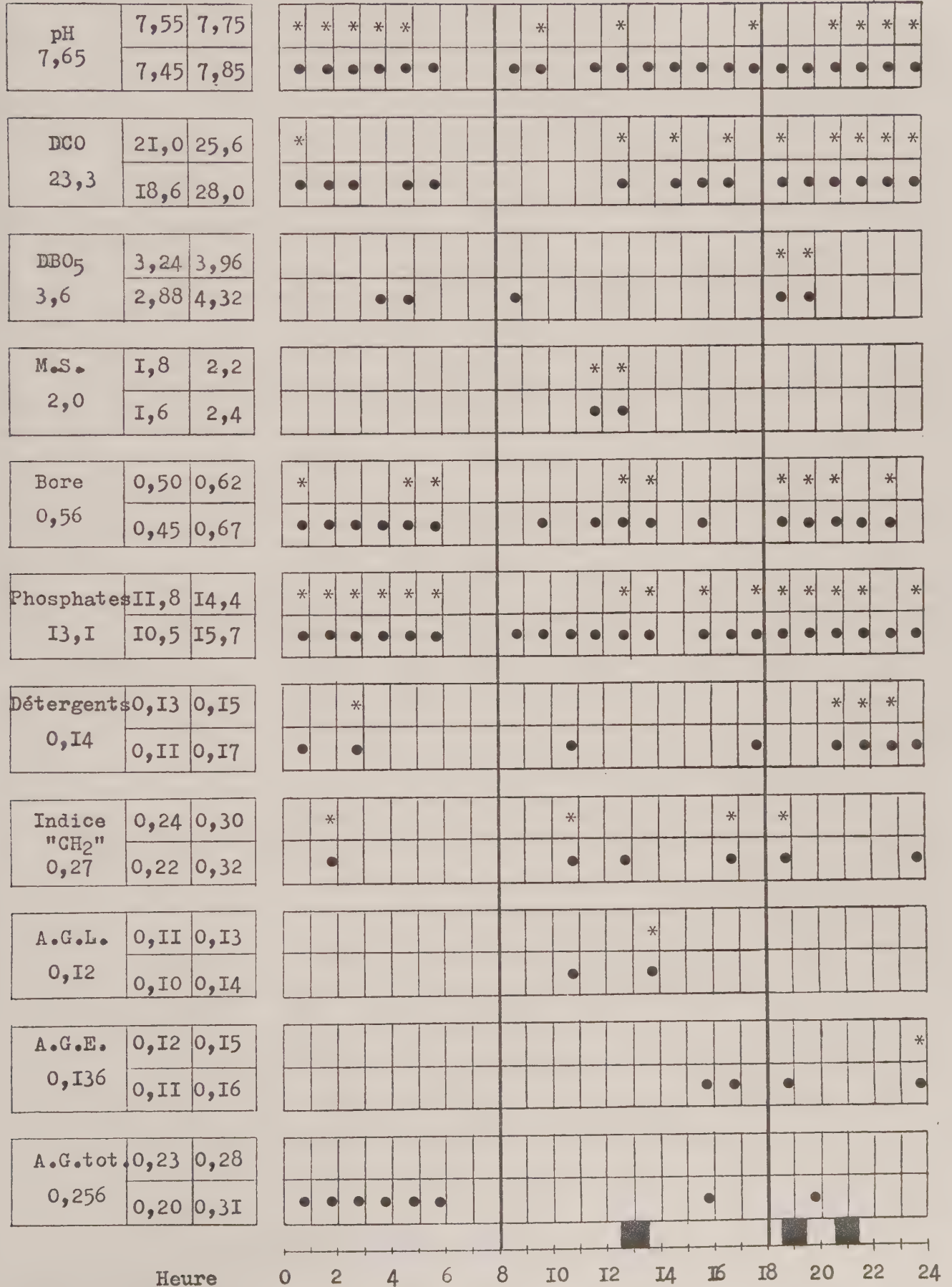
entree
sortie



Légende *

**Fig. 16 : Détermination du meilleur moment de
prélèvement pour connaître la moyenne
à la sortie de la station de MESSIMY**

paramètre	m-10%	m+10%
moyenne	m-20%	m+20%



* sauf pH pour lequel on choisit m-0,1 U, m+0,1 U, m-0,2 U, m+0,2 U

Légende*

Fig. 15 : Détermination du meilleur moment de
prélèvement pour connaître la moyenne
à l'entrée de la station de MESSIMY

paramètre	m-10%	m+10%
moyenne	m-20%	m+20%

pH	8,32	8,52
8,42	8,22	8,62

DCO	115	141
128	102	154

DBO5	46	56
51	41	61

M.S.	41	50,2
45,6	36,5	54,7

Bbre	0,80	0,98
0,89	0,71	1,07

Phosphates	15,1	18,5
16,8	13,4	20,2

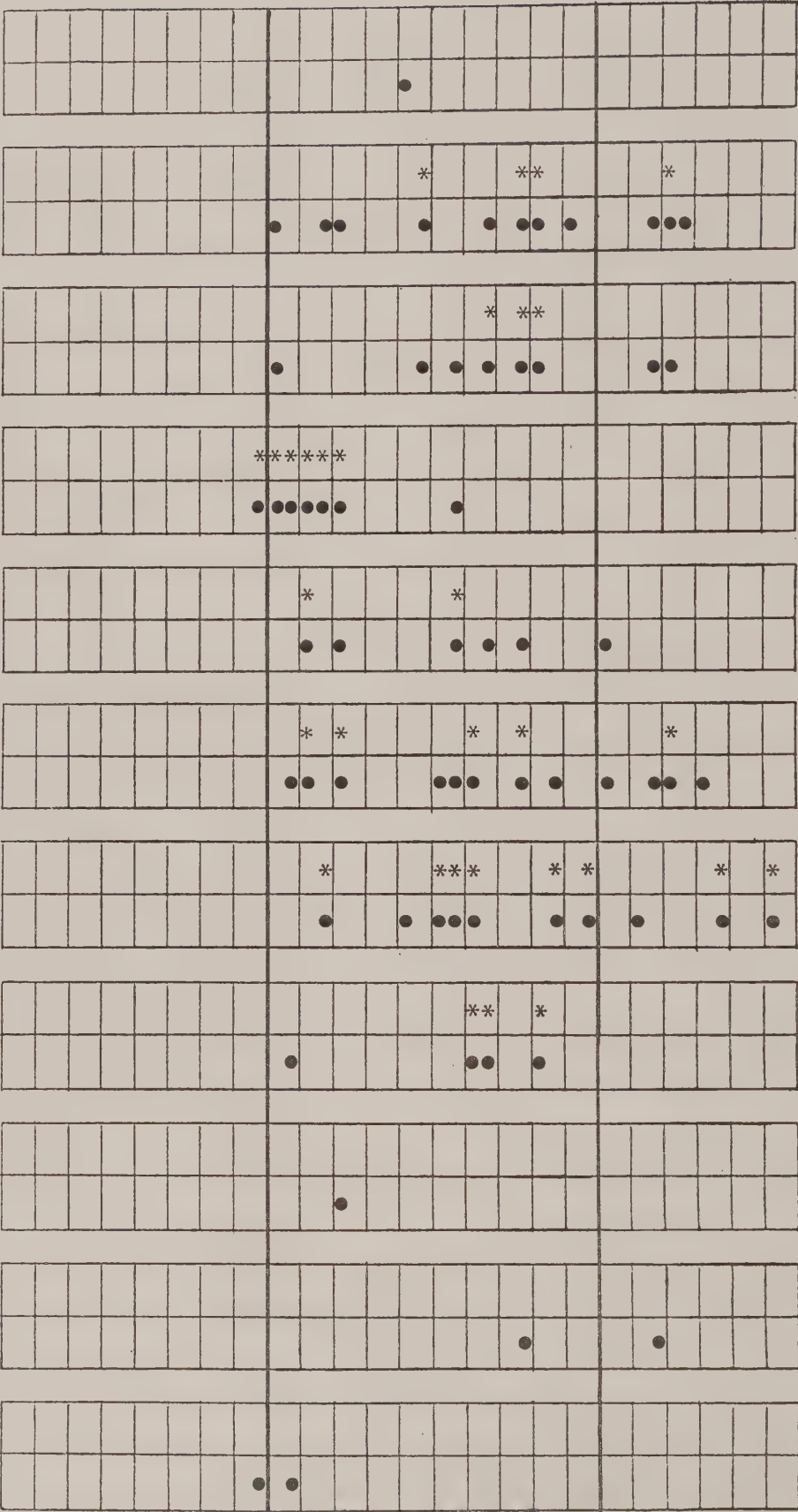
Détergents	0,95	1,17
1,06	0,85	1,27

Indice "CH2"	2,97	3,63
3,30	2,64	3,96

A.G.L.	0,70	0,86
0,78	0,62	0,94

A.G.E.	2,13	2,61
2,37	1,90	2,84

A.G.tot.	2,83	3,46
3,15	2,52	3,78



Heure

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

* sauf pH pour lequel on choisit m-0,1 U, m+0,1 U, m-0,2 U, m+0,2 U

- TABLEAU V -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à l'entrée
de la station d'épuration de MESSIMY

Heure de prélèvement		5H45	6HI5	6H45	7HI5	7H45	8HI5	8H45
pH		7,5	7,6	7,6	7,6	7,65	7,6	7,65
DCO (mg O ₂ /l)		10	56	75	88	191	123	187
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		6	19	28	22	77	42	73
Matières en suspension (mg/l)		10	28	21	32	50	49	51
Bore (mg/l)		0,18	0,20	0,20	0,23	0,28	0,23	0,27
Phosphates (mg/l)		4	6,6	6,2	8	11,2	25	14
Détergents (mg/l)		0,34	0,29	0,43	0,25	0,44	0,49	0,26
Indice "CH ₂ " (mg/l)		0,23	0,18	0,19	0,35	5,56	1,24	3,84
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique	0,02						
	ac.caprique					0,01		
	ac.laurique							
	ac.myristique	0,02	0,01	0,02	0,02	0,24	0,02	0,09
	ac.palmitique	0,06	0,07	0,04	0,04	0,91	0,14	0,34
	ac.stéarique	0,05	0,04	0,03	0,03	0,56	0,11	0,28
	ac.oléïque	0,02	0,04	0,03	0,03	0,51	0,19	0,24
	ac.linoléïque	0,02	0,02	0,02		0,04	0,04	0,02
	ac.linolénique			0,01				
	ac.arachidique							
	ac.totaux	0,19	0,18	0,15	0,12	2,26	0,50	0,97
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique					0,05	0,02	0,04
	ac.laurique				0,01	0,03	0,03	0,02
	ac.myristique	0,02	0,02	0,01	0,02	0,13	0,04	0,08
	ac.palmitique	0,04	0,03	0,02	0,06	0,42	0,21	0,30
	ac.stéarique	0,01	0,01		0,02	0,17	0,06	0,10
	ac.oléïque					0,21	1,02	0,77
	ac.linoléïque					0,09	0,38	0,21
	ac.linolénique					0,06	0,12	0,17
	ac.arachidique							
	ac.totaux	0,07	0,06	0,03	0,11	1,16	1,88	1,69
Esters et acides gras totaux (mg/l)		0,26	0,24	0,18	0,23	3,42	2,38	2,66

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à l'entrée
de la station d'épuration de MESSIMY (suite)

Heure de prélèvement		9HI5	9H45	IOHI5	IOH45	IIHI5	IIH45	I2HI5
pH		7,3	7,4	7,5	7,6	9,8	9,2	8,6
DCO (mg O ₂ /l)		I89	I47	I42	346	52I	I99	228
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		90	66	64	I48	280	IO4	IO8
Matières (en suspen- sion (mg/l))		50	45	45	2I6	243	II0	I5I
Bore (mg/l)		0,86	0,55	0,75	2,00	I,40	2,30	2,00
Phosphates (mg/l)		I8	I3	I6,6	30	22	34	58
Détergents (mg/l)		0,76	I,00	I,44	I,64	I,50	I,80	0,84
Indice "CH ₂ " (mg/l)		6,8	4,55	4,20	IO,32	I3,0	9,6	II,2
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique				0,0I			
	ac.caprique	0,0I	0,02		0,02	0,006		0,0I
	ac.laurique				0,05		0,0I	
	ac.myristique	0,I2	0,22	0,04	0,24	0,I4	0,08	0,33
	ac.palmitique	0,67	0,75	0,23	I,50	0,62	0,40	I,59
	ac.stéarique	0,54	0,5I	0,I4	I,60	0,48	0,30	I,38
	ac.oléïque	0,38	0,43	0,2I	0,83	0,37	0,I6	0,80
	ac.linoléïque	0,03	0,04	0,05	0,II	0,04	0,02	
	ac.linolénique							
	ac.arachidique							
	ac.totaux	I,75	I,95	0,67	4,36	I,66	0,97	4,II
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique					0,39	0,I5	0,I4
	ac.caprique	0,I7	0,05	0,03	0,I7	I,00	0,42	0,48
	ac.laurique	0,09	0,04	0,02	0,I3	0,32	0,I5	0,20
	ac.myristique	0,3I	0,I3	0,09	0,4I	I,02	0,50	0,64
	ac.palmitique	0,89	0,43	0,28	I,03	2,50	I,46	4,59
	ac.stéarique	0,39	0,I8	0,I2	0,35	I,I8	0,67	0,77
	ac.oléïque	I,38	0,72	0,45	I,23	4,00	2,65	2,78
	ac.linoléïque	0,40	0,I6	0,08	0,I4	0,28	0,49	0,45
	ac.linolénique	0,3I	0,I6	0,07	0,II	0,I8	0,I9	0,I9
	ac.arachidique							
	ac.totaux	3,94	I,87	I,I3	3,57	IO,9	6,68	IO,2
Esters et acides gras totaux (mg/l)		5,69	3,82	I,80	7,93	I2,6	7,65	I4,3

- TABLEAU VII -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à l'entrée
de la station d'épuration de MESSIMY (suite)

Heure de prélèvement		I2H45	I3HI5	I3H45	I4HI5	I4H45	I5HI5	I5H45
pH		7,8	7,7	7,8	7,8	7,0	7,5	7,5
DCO (mg O ₂ /l)		117	77	96	90	150	165	117
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		43	18	42	30	56	62	46
Matières en suspension (mg/l)		32	20	38	21	83	56	28
Bore (mg/l)		1,08	0,68	0,92	0,45	0,71	2,50	1,00
Phosphates (mg/l)		23	20	19,8	16	12,8	27	17,2
Détergents (mg/l)		1,68	1,04	1,10	0,98	1,70	1,60	1,60
Indice "CH ₂ " (mg/l)		1,42	0,38	1,84	3,36	3,17	5,0	2,56
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique							
	ac.laurique							
	ac.myristique	0,02		0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
	ac.palmitique	0,11	0,04	0,14	0,09	0,20	0,18	0,06
	ac.stéarique	0,08	0,03	0,11	0,17	0,11	0,11	0,05
	ac.oléïque	0,07	0,02	0,09	0,06	0,14	0,10	0,04
	ac.linoléïque		0,02		0,02		0,02	
	ac.linolénique							
	ac.arachidique							
	ac.totaux	0,28	0,11	0,36	0,36	0,48	0,44	0,18
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique	0,04	0,01	0,02	0,03	0,04	0,19	0,12
	ac.laurique	0,02		0,01	0,02	0,04	0,10	0,06
	ac.myristique	0,06	0,02	0,04	0,04	0,07	0,21	0,14
	ac.palmitique	0,20	0,07	0,18	0,17	0,28	0,85	0,26
	ac.stéarique	0,06		0,04	0,05	0,08	0,31	0,06
	ac.oléïque	0,58	0,31	0,68	0,54	0,80	2,67	0,92
	ac.linoléïque	0,18	0,10	0,23	0,14	0,26	0,73	0,25
	ac.linolénique	0,09	0,10	0,20	0,11	0,10	0,21	0,22
	ac.arachidique							
	ac.totaux	1,23	0,61	1,40	1,10	1,67	5,27	2,03
Esters et acides gras totaux (mg/l)		1,51	0,72	1,76	1,46	2,15	5,71	2,21

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à l'entrée
de la station d'épuration de MESSIMY (suite)

Heure de prélèvement		I6HI5	I6H45	I7HI5	I7H45	I8HI5	I8H45	I9HI5	I9H45
pH		7,5	7,6	7,6	7,8	7,8	7,7	7,7	7,7
DCO (mg O ₂ /l)		I2I	76	I05	27	20	84	I58	II3
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		46	23	40	3,5	I	28	66	43
matières en suspension (mg/l)		35	I4	26	3	2	20	28	27
Bore (mg/l)		3,40	I,38	0,62	0,53	0,78	0,42	2,30	0,62
Phosphates (mg/l)		2I	I4,4	I2	I2,4	I3,6	I0,0	20,8	I9,8
Détergents (mg/l)		2,I4	I,04	2,30	I,I4	0,20	0,38	I,24	0,70
Indice "CH ₂ " (mg/l)		3,52	0,72	I,I6	8,08	0,II	0,7I	6,63	2,26
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique								
	ac.caprique				0,005				
	ac.laurique				0,005				
	ac.myristique	0,0I			0,04	0,02	0,02	0,06	0,02
	ac.palmitique	0,09	0,03	0,05	0,46	0,02	0,06	0,44	0,06
	ac.stéarique	0,0I	0,02	0,03	0,29	0,0I	0,05	0,38	0,04
	ac.oléïque	0,05	0,02	0,04	0,58	0,0I	0,05	0,40	0,05
	ac.linoléïque	0,02	0,02	0,02	0,I8		0,02	0,08	0,02
	ac.linolénique				0,45				
	ac.arachidique								
	ac.totaux	0,I8	0,09	0,I4	2,0I	0,06	0,20	I,36	0,I9
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique	0,06							
	ac.caprique	0,I7	0,03	0,03	0,03			0,I0	0,03
	ac.laurique	0,07	0,02	0,02	0,03		0,0I	0,07	0,02
	ac.myristique	0,20	0,04	0,05	0,53	0,02	0,02	0,I5	0,I0
	ac.palmitique	0,64	0,I4	0,2I	2,83	0,08	0,II	0,58	0,4I
	ac.stéarique	0,I9	0,02	0,06	2,3I	0,0I	0,02	0,20	0,I4
	ac.oléïque	I,72	0,46	0,78	4,39	0,56	0,48	I,33	0,87
	ac.linoléïque	0,52	0,I4	0,20	0,33	0,24	0,I3	0,45	0,20
	ac.linolénique	0,22	0,I2	0,I5	0,I4	0,I9	0,I9	0,I4	0,I6
	ac.arachidique								
	ac.totaux	3,79	0,97	I,50	IO,9	I,I0	0,96	3,02	I,93
Esters et acides gras totaux (mg/l)		3,97	I,06	I,64	I2,9	I,I6	I,I6	4,38	2,I2

- TABLEAU IX -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à l'entrée
de la station d'épuration de MESSIMY (fin)

Heure de prélèvement		20HI5	20H45	2IHI5	2IH45	22HI5	22H45	23HI5	Moyenne
pH		7,6	7,5	7,5	7,4	7,6	7,6	7,7	8,42
DCO (mg O ₂ /l)		115	103	76	84	74	72	60	128
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		45	29	25	4	20	22	20	51
matières en suspen- sion (mg/l)		26	22	11	21	8	10	8	45,6
Bore (mg/l)		0,64	0,48	0,50	0,34	0,50	0,34	0,28	0,89
Phosphates (mg/l)		15,4	10,0	14,4	10,4	10,6	10,0	8,0	16,8
Détergents (mg/l)		1,40	0,50	1,40	1,14	1,60	0,60	1,04	1,06
Indice "CH ₂ " (mg/l)		2,32	1,44	0,78	0,64	0,55	0,50	0,42	3,30
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique								0,001
	ac.caprique								0,002
	ac.laurique								0,002
	ac.myristique	0,04	0,02	0,02	0,02			0,02	0,056
	ac.palmitique	0,16	0,06	0,05	0,05		0,04	0,06	0,273
	ac.stéarique	0,14	0,05	0,03	0,03		0,02	0,03	0,225
	ac.oléïque	0,17	0,06	0,06	0,04		0,03	0,06	0,177
	ac.linoléïque	0,04	0,02	0,02	0,02			0,02	0,026
	ac.linolénique								0,013
	ac.arachidique								
ac.totaux		0,55	0,21	0,18	0,16	traces	0,09	0,19	0,78
Acides gras totaux (mg ac.gras/l)	ac.caprylique								0,020
	ac.caprique	0,02			0,01	0,01	0,01	0,01	0,093
	ac.laurique	0,02	0,01	0,005	0,005	0,005	0,01	0,01	0,044
	ac.myristique	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,146
	ac.palmitique	0,13	0,17	0,10	0,14	0,11	0,08	0,10	0,558
	ac.stéarique	0,03							0,212
	ac.oléïque	0,24	0,49	0,25	0,42	0,29	0,35	0,28	0,962
	ac.linoléïque	0,08	0,10		0,06	0,04	0,08		0,198
	ac.linolénique		0,17	0,12	0,20	0,12	0,12	0,16	0,133
	ac.arachidique								
ac.totaux		0,56	0,97	0,50	0,86	0,60	0,67	0,58	2,37
stères et acides gras totaux (mg/l)		1,11	1,18	0,68	1,02	0,60	0,76	0,77	3,15

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à la sortie
de la station d'épuration de MESSIMY

Heure de prélèvement		8H45	9H45	10H45	11H45	12H45	13H45	14H45
pH		7,45	7,6	7,3	7,5	7,6	7,8	7,8
DCO (mg O ₂ /l)		33	10	16	16	23	10	23
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		3	2	2,4	2	2,2	5	2,2
Matières (en suspen- sion (mg/l))		4	3	1,5	2	2	3	1
Bore (mg/l)		0,41	0,50	0,42	0,46	0,54	0,61	0,70
Phosphates (mg/l)		11,6	-	11,0	11,6	11,8	12,6	20,4
Détergents (mg/l)		0,19	0,09	0,11	0,045	0,07	0,09	0,25
Indice "CH ₂ " (mg/l)		0,20	0,43	0,26	0,62	0,22	0,36	0,15
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique				0,001			
	ac.laurique			0,001	0,002		0,003	0,002
	ac.myristique		0,004	0,003	0,003		0,012	0,005
	ac.palmitique	0,016	0,047	0,044	0,029		0,054	0,020
	ac.stéarique		0,022	0,027	0,020		0,026	
	ac.oléïque		0,013	0,028	0,014		0,017	
	ac.linoléïque							
	ac.linolénique							
	ac.arachidique							
	ac.totaux	0,016	0,086	0,103	0,069	-	0,112	0,027
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique							
	ac.laurique	0,004	0,011	0,004	0,004	0,005	0,006	0,004
	ac.myristique	0,010	0,015	0,027	0,019	0,019	0,019	0,011
	ac.palmitique	0,029	0,111	0,042	0,106	0,059	0,076	0,029
	ac.stéarique	0,012	0,104		0,068	0,020	0,047	0,012
	ac.oléïque	0,013	0,100		0,196	0,070	0,085	0,024
	ac.linoléïque						0,014	
	ac.linolénique							
	ac.arachidique							
	ac.totaux	0,068	0,341	0,073	0,393	0,173	0,247	0,080
Esters et acides gras totaux (mg/l)		0,084	0,427	0,176	0,462	0,173	0,359	0,107

- TABLEAU XI -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à la sortie
de la station d'épuration de MESSIMY (suite)

Heure de prélèvement		I5H45	I6H45	I7H45	I8H45	I9H45	20H45	21H45	22H45
pH		7,8	7,8	7,7	7,8	7,8	7,7	7,7	7,65
DCO (mg O ₂ /l)		27	23	70	23	20	23	23	25
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		5	2,6	24	4	3,5	2,5	I	I
matières en suspen- sion (mg/l)		4	2,5	8	I,5	I	I	I	I
Bore (mg/l)		0,50	0,70	0,70	0,53	0,54	0,57	0,65	0,58
Phosphates (mg/l)		II,8	II,6	II,6	II,4	I3,8	I4,0	I3,0	II,2
Détergents (mg/l)		0,09	0,07	0,I7	0,22	0,I8	0,I4	0,I4	0,I4
Indice "CH ₂ " (mg/l)		0,40	0,24	I,23	0,24	0,I7	0,II	0,I0	0,I0
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique								
	ac.caprique		0,002	0,0I4	0,006	0,004		0,003	
	ac.laurique		0,002	0,007	0,007	0,006		0,002	
	ac.myristique	0,009	0,006	0,0I6	0,0I9	0,0I7		0,008	
	ac.palmitique	0,042	0,032	0,09I	0,077	0,070		0,034	0,0I7
	ac.stéarique		0,0I5	0,048	0,037	0,029		0,0I3	0,0I2
	ac.oléïque		0,0I7	0,I20	0,05I	0,035		0,027	0,0I2
	ac.linoléïque		0,004	0,0I6	0,0I4	0,0I0			
	ac.linolénique			0,006		0,025			
	ac.arachidique								
	ac.totaux	0,05I	0,078	0,3I8	0,2II	0,I96	-	0,087	0,04I
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique								
	ac.caprique		0,0I4						
	ac.laurique	0,009	0,007	0,009	0,009	0,002	0,002	0,002	
	ac.myristique	0,027	0,024	0,I70	0,023	0,006	0,006	0,007	0,006
	ac.palmitique	0,I22	0,064	0,099	0,080	0,0I6	0,023	0,02I	0,046
	ac.stéarique			0,232		0,006			
	ac.oléïque			0,063		0,0I2			
	ac.linoléïque								
	ac.linolénique								
	ac.arachidique								
	ac.totaux	0,I58	0,I09	0,573	0,II2	0,042	0,03I	0,030	0,052
Esters et acides gras totaux (mg/l)		0,209	0,I87	0,89I	0,323	0,238	0,03I	0,II7	0,093

- TABLEAU XII -

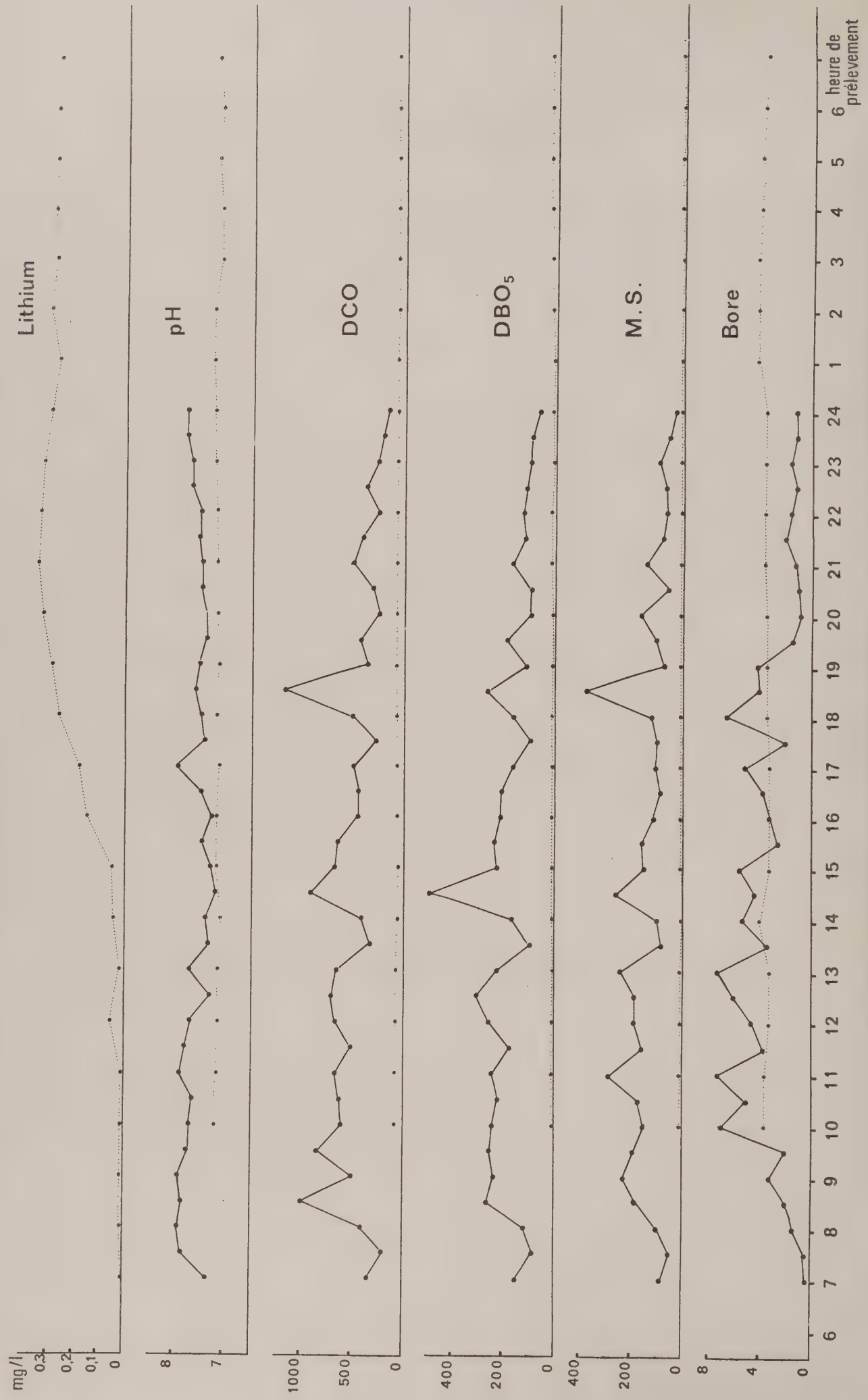
Résultats d'analyses d'eaux prélevées à la sortie
de la station d'épuration de MESSIMY (fin)

Heure de prélèvement		23H45	0H45	1H45	2H45	3H45	4H45	5H45	Moyenne
pH		7,7	7,7	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,65
DCO (mg O ₂ /l)		25	25	27	19	10	20	21	23,3
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		2,5	2	2	1	3	3	1,2	3,6
matières en suspension (mg/l)		2,5	1	1	1	1	1	1	2,0
Bore (mg/l)		0,77	0,57	0,50	0,48	0,49	0,51	0,57	0,56
Phosphates (mg/l)		14,2	14,0	14,0	13,8	14,0	13,6	12,8	13,1
Détergents (mg/l)		0,11	0,17	0,19	0,14	0,19	0,18	0,10	0,14
Indice "CH ₂ " (mg/l)		0,22	0,11	0,28	0,15	0,10	0,10	0,10	0,27
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique								
	ac.caprique	0,004		0,005	0,005	0,007	0,005	0,008	0,003
	ac.laurique	0,005	0,004	0,007	0,006	0,007	0,006	0,005	0,003
	ac.myristique	0,013	0,016	0,022	0,013	0,014	0,021	0,019	0,010
	ac.palmitique	0,073	0,070	0,11	0,087	0,070	0,078	0,075	0,052
	ac.stéarique	0,029	0,021	0,026	0,024	0,018	0,016	0,025	0,018
	ac.oléique	0,058	0,033	0,039	0,042	0,040	0,034	0,020	0,027
	ac.linoléique	0,004			0,013				0,003
	ac.linolénique				0,033				0,003
	ac.arachidique								
ac.totaux		0,186	0,144	0,209	0,223	0,156	0,160	0,152	0,12
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique								
	ac.caprique								0,001
	ac.laurique	0,016	0,003	0,006	0,004	0,003	0,003	0,003	0,005
	ac.myristique	0,020	0,012	0,012	0,012	0,009	0,008	0,009	0,021
	ac.palmitique	0,096	0,052	0,056	0,063	0,034	0,034	0,043	0,059
	ac.stéarique		0,009						0,023
	ac.oléique								0,026
	ac.linoléique								0,001
	ac.linolénique								
	ac.arachidique								
ac.totaux		0,132	0,076	0,074	0,079	0,046	0,045	0,055	0,136
Esters et acides gras totaux (mg/l)		0,318	0,220	0,283	0,302	0,202	0,205	0,207	0,255

Fig. 17 :

Courbes de dosages de la station d'épuration d'eaux de THURINS

entree
sortie



1.3. - Résultats de Thurins :

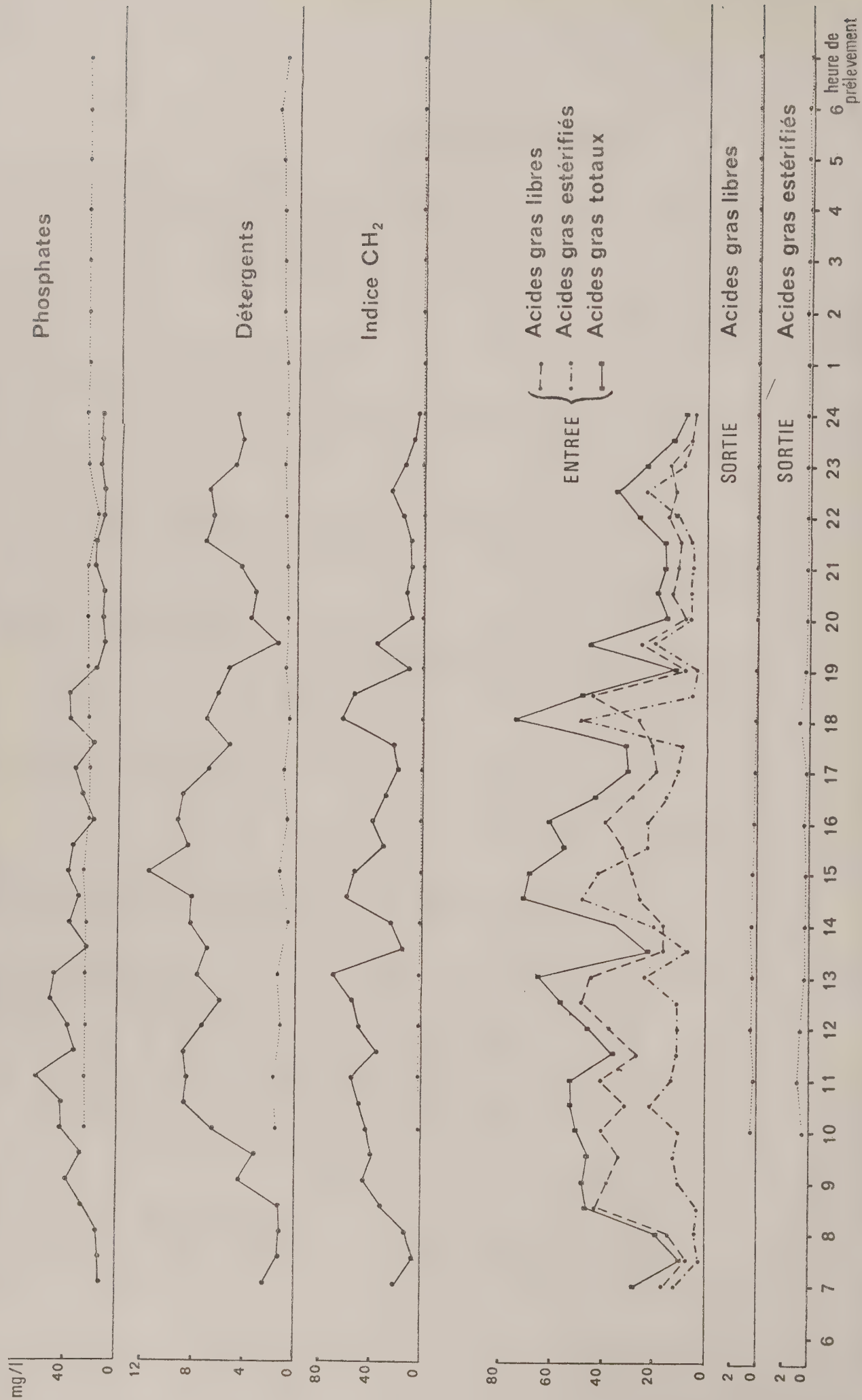
Ils sont groupés dans les tableaux XIII à XVII pour l'entrée, XVIII à XX pour la sortie, et schématisés par les courbes des figures 11 à 14. Les courbes de la sortie ne sont pas évoquées du fait de leur régularité, sauf exception particulière.

- pH : moyenne à l'entrée : 7,65, à la sortie : 7,19.
 - . A l'entrée, on observe un pH toujours proche de 8 de 7 h. 30 à 12 h. et de 13 h. à 17 h.
- DCO : moyenne à l'entrée : 504 mg/l, à la sortie : 64,5 mg/l.
 - . A l'entrée, on n'observe pas de maximum caractéristique, à part 8 h. 30, 14 h. 30 et 18 h. 30.
- DBO₅ : moyenne à l'entrée : 188 mg/l, à la sortie : 15,8 mg/l.
 - . A l'entrée, la courbe est moins parallèle qu'à Messimy. Les plus forts rejets apparaissent entre 12 h. et 13 h. et à 14 h. 30, 18 h. 30 et 19 h. 30.
- M.S. : moyenne à l'entrée : 136 mg/l, à la sortie : 50 mg/l.
 - . A l'entrée, les rejets maximaux sont à 11 h., 13 h., 14 h. 30 et 18 h. 30.
- BORE : moyenne à l'entrée : 3,2 mg/l, à la sortie : 3,67 mg/l.
 - . La courbe, à l'entrée est très variable avec une élévation entre 9 h. et 19 h. 30, ponctuée par des pics à 10 h., 11 h., 13 h., 14 h., 15 h., 17 h. et 18 h.
 - . On observe, à la sortie, une plus forte concentration moyenne qu'à l'entrée. La méthode de dosage employée dose le bore, mais non les perborates. Or, les détergents ménagers peuvent en contenir et il est possible que les perborates soient transformés en borates à l'intérieur du système épurant ; par conséquent, les perborates qui n'apparaissent pas dans le dosage du bore à l'entrée peuvent le faire à la sortie.
- PHOSPHATES : moyenne à l'entrée : 29,4 mg/l, à la sortie : 25,9 mg/l.
 - . La courbe obtenue à l'entrée est proche de celle des M.S. Mais on n'observe pas de pic particulièrement différencié, à part 11 h.

Fig. 18 :

Courbes de dosages de la station d'épuration d'eaux de THURINS (suite)

— entrée
- - - sortie



- DETERGENTS : moyenne à l'entrée : 6,0 mg/l, à la sortie : 1,14 mg/l.
 - . A l'entrée, les détergents commencent à apparaître à 9 h. On observe un pic de rejet à 15 h., un creux à 12 h. 30 et 19 h. 30, puis une progression entre 21 h. 30 et 23 h.
- INDICE CH₂ : moyenne à l'entrée : 31,6 mg/l, à la sortie : 0,87 mg/l.
 - . A l'entrée, on remarque davantage les baisses de rejets que les élévations : elles se manifestent entre 7 h. et 8 h., de 13 h. à 14 h. 30, entre 15 h. 30 et 17 h., à 19 h. ; puis à partir de 20 h., la baisse se poursuit jusqu'à la fin, sauf à 22 h. 30.

	moyenne :	
	à l'entrée (mg/l)	à la sortie (mg/l)
AGL.....	23,9	0,11
AGE.....	13,7	0,25
AG totaux..	37,6	0,36

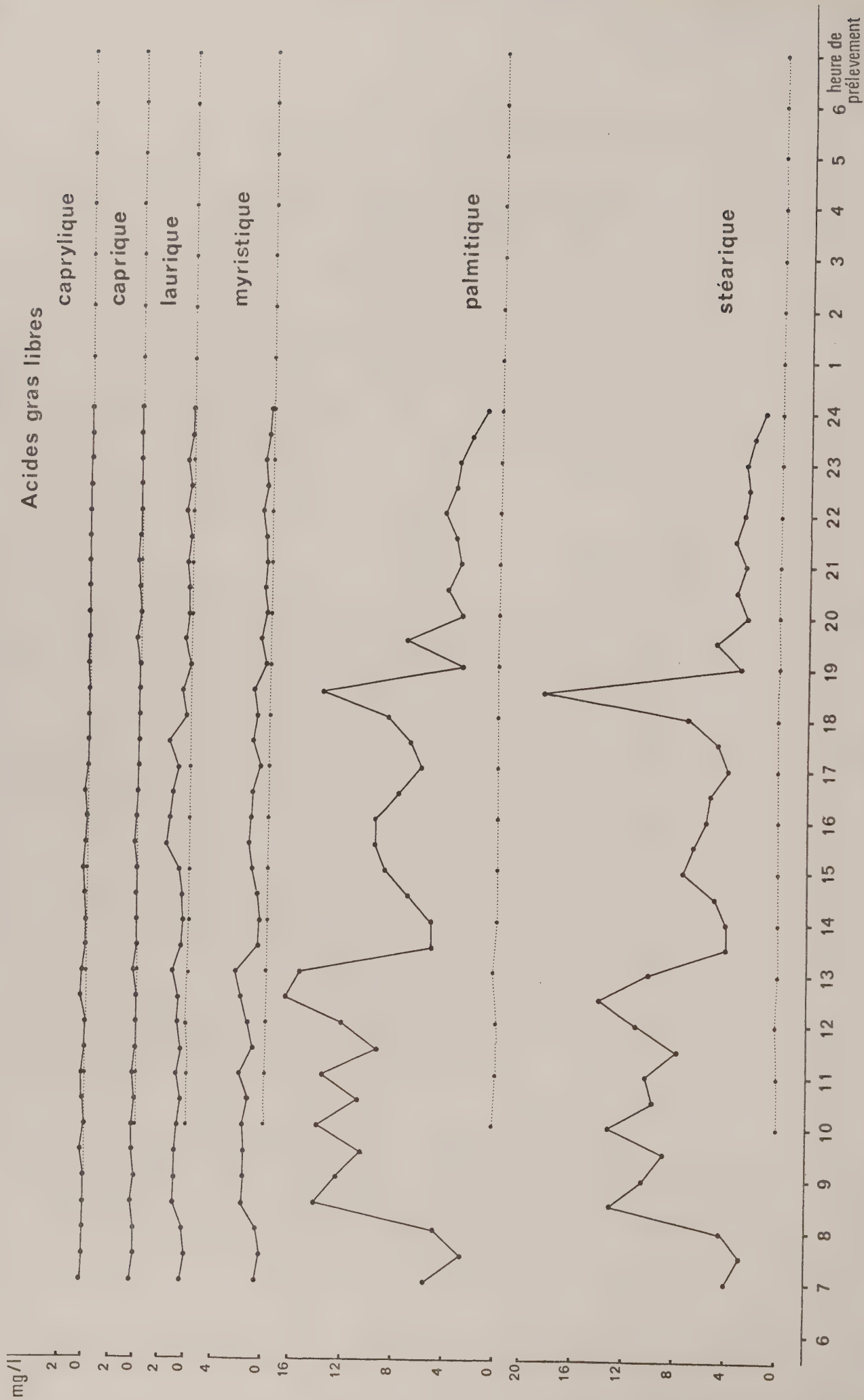
- . La courbe des acides gras totaux, à l'entrée, est parallèle à celle de l'indice CH₂. On trouve, en moyenne, autant d'AGL que d'AGE et, comme à Messimy, plus d'AGL que d'AGE le matin. Mais il n'y a pas de renversement de tendance le soir.
- . Les acides gras libres sont rejetés jusqu'à 13 h., puis à 16 h., 18 h. 30 et 19 h. 30. Ils sont constitués des acides gras allant de C8 à C20 et, en majorité, de C18, C16, C18 : 1 et C18 : 2, par ordre d'importance relative. On retrouve les petits acides surtout le matin.
- . Les acides gras estérifiés apparaissent surtout à 14 h. 30 et 15 h., mais aussi à 10 h. 30, 13 h., 18 h., 19 h. 30 et 22 h. 30. Ils sont constitués, comme les AGL, de C8 à C20 dont, par ordre d'importance relative, C18 : 1, C18 : 2, C16 et C18.
- . Il faut noter une particularité : on observe du C12 rejeté en relativement grande quantité à 13 h., à la fois sous forme libre et estérifiée. L'après-midi, entre 15 h. 30 et 18 h., il est rejeté surtout sous forme libre.

Les résultats de cette station montrent que l'effluent rejeté est conforme aux normes fixées par la circulaire du 10.06.1976 données dans le tableau I (page 15).

Fig. 19 :

Courbes de dosages de la station d'épuration d'eaux de THURINS (suite)

—•— entrée
... sortie



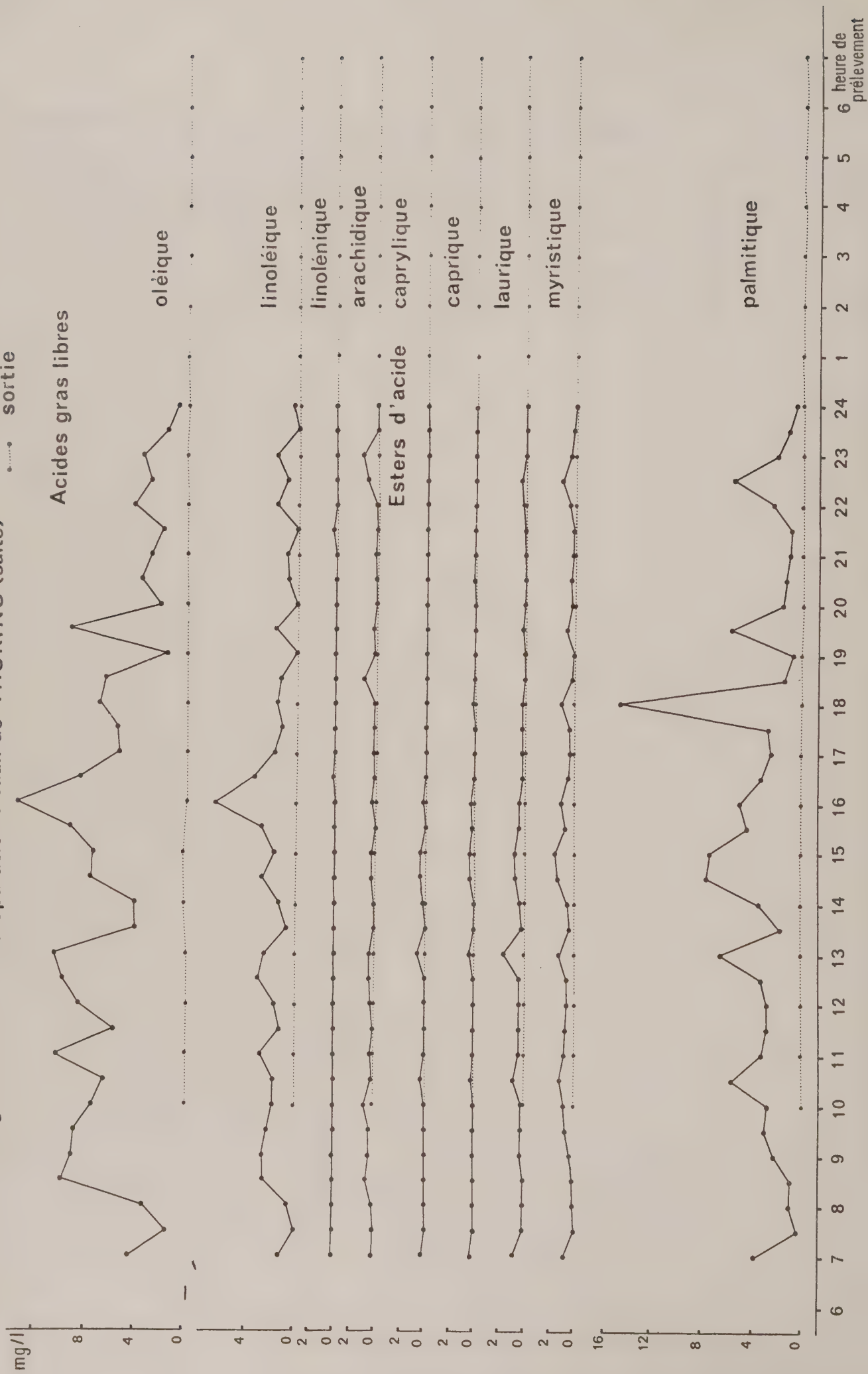
Les heures des prélèvements les plus représentatifs de la moyenne ont été déterminées comme dans les autres cas, et on obtient au prorata du nombre de paramètres significatifs correspondant au nombre de points (fig. 22 et 23) :

- à l'entrée : 11 h. 30 et 16 h. 30 ;
- à la sortie : 19 h., 24 h., 23 h., 14 h. et 11 h.

Fig. 20 :

Courbes de dosages de la station d'épuration d'eaux de THURINS (suite)

— entrée
... sortie



Légende *

**Fig. 22 : Détermination du meilleur moment de
prélèvement pour connaître la moyenne
à l'entrée de la station de THURINS**

paramètre	m-10%	m+10%
moyenne	m-20%	m+20%

pH	7,55	7,75
7,65	7,45	7,85

DCO	454	554
504	403	605

DBO5	169	207
188	150	226

M.S.	122	156
136	109	163

Bore	2,9	3,5
3,2	2,6	3,8

Phosphates	26,5	32,3
29,4	23,5	35,3

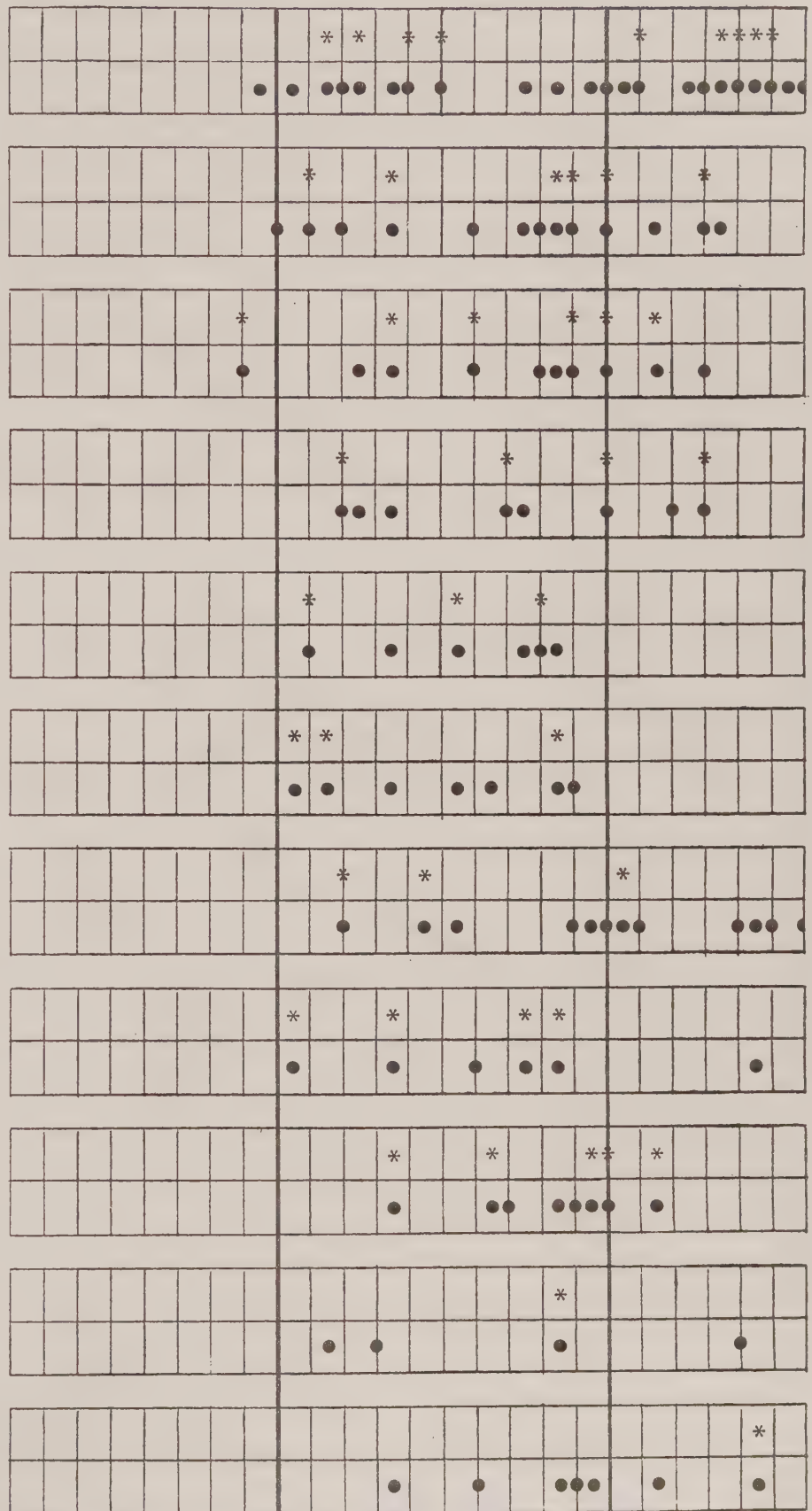
Détergents	5,4	6,6
6,0	4,8	7,2

Indice "CH ₂ "	28,4	34,8
31,6	25,3	37,9

A.G.L.	21,5	26,3
23,9	19,1	28,7

A.G.E.	12,3	15,1
13,7	11,0	16,4

A.G.tot.	33,8	41,4
37,6	30,1	45,1



Heure

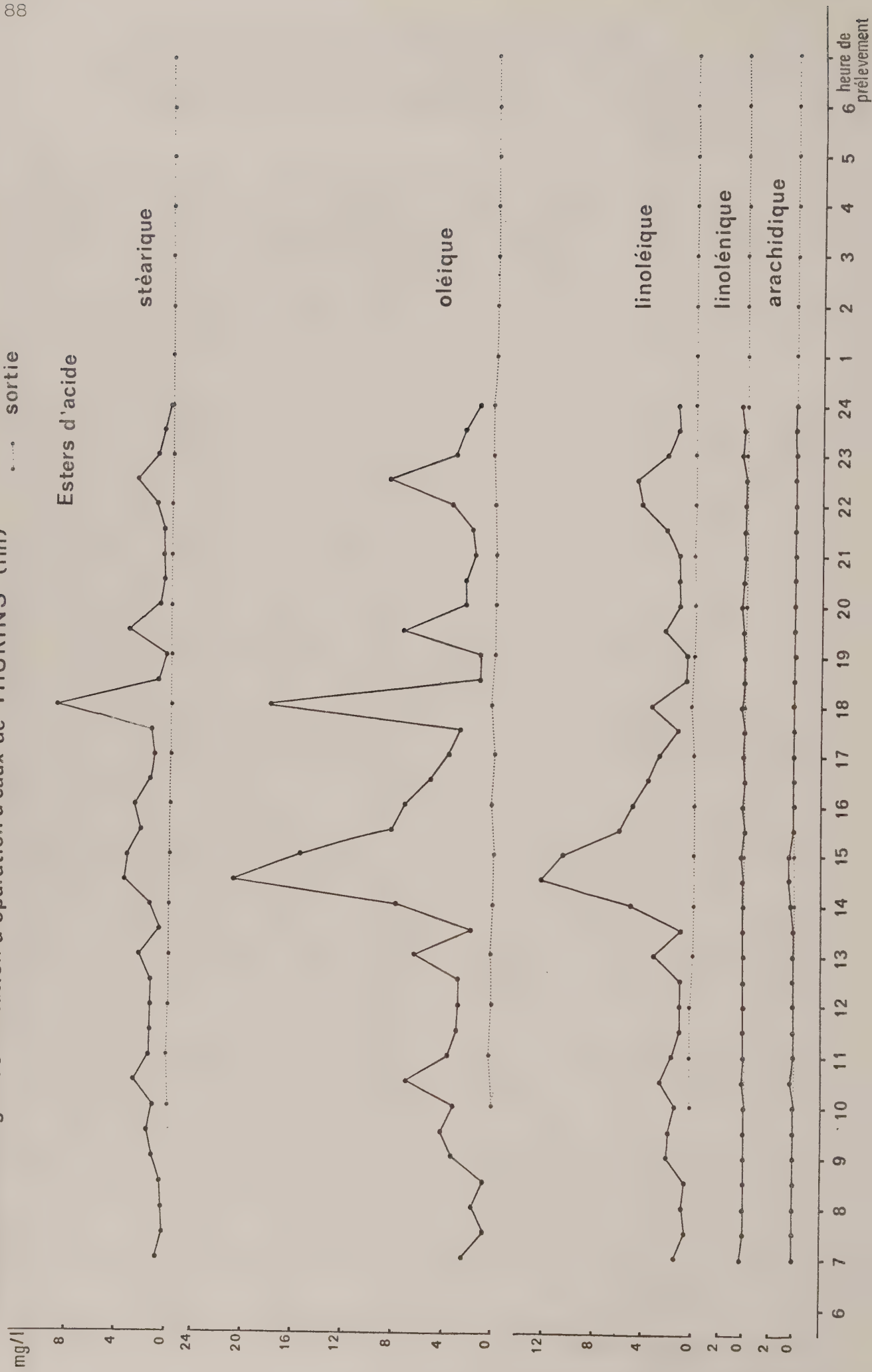
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

*sauf pH pour lequel on choisit m-0,1 U, m+0,1 U, m-0,2 U, m+0,2 U

Fig. 21 :

Courbes de dosages de la station d'épuration d'eaux de THURINS (fin)

— entrée
... sortie



Légende *

Fig. 23 : Détermination du meilleur moment de
prélèvement pour connaître la moyenne
à la sortie de la station de THURINS

paramètre	m-10%	m+10%
moyenne	m-20%	m+20%

pH	7,09	7,29
7,19	6,99	7,39

DCO	58,0	71,0
64,5	51,6	77,4

DBO5	14,2	17,4
15,8	12,6	19,0

M.S.	4,5	5,5
5	4	6

Bore	3,30	4,04
3,67	2,94	4,40

Phosphates	23,3	28,5
25,9	20,7	31,1

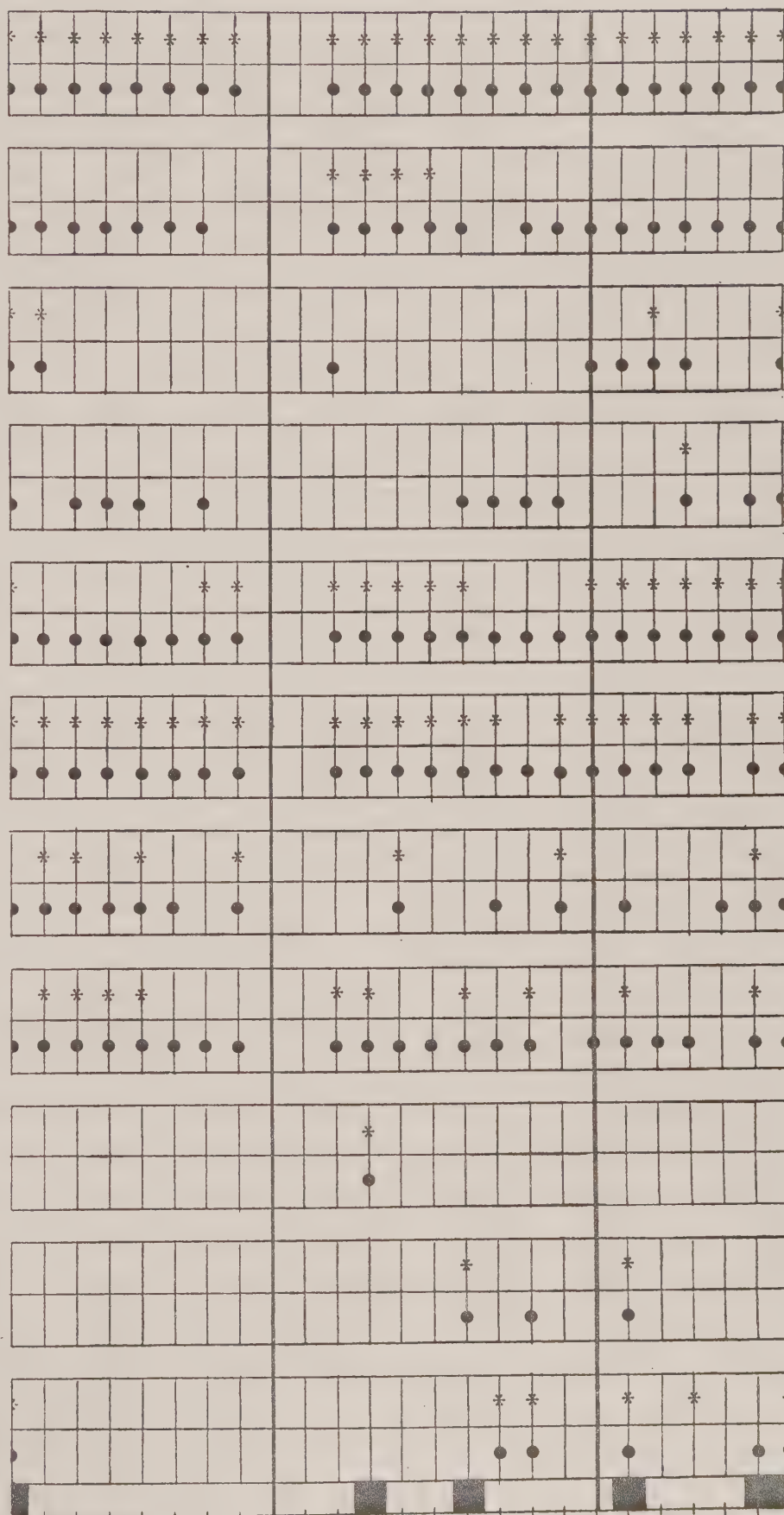
Détergents	1,03	1,25
1,14	0,91	1,37

Indice "CH ₂ "	0,78	0,96
0,87	0,70	1,04

A.G.L.	0,10	0,12
0,11	0,09	0,13

A.G.E.	0,22	0,28
0,25	0,20	0,30

A.G.tot.	0,32	0,40
0,36	0,29	0,43



Heure

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

*sauf pH pour lequel on choisit m-0,1 U, m+0,1 U, m-0,2 U, m+0,2 U

- TABLEAU XIII -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à l'entrée
de la station d'épuration de THURINS

Heure de prélèvement		7H10	7H30	8H	8H30	9H	9H30	10H
pH		7,35	7,85	7,9	7,85	7,9	7,75	7,7
DCO (mg O ₂ /l)		339	209	406	1004	502	833	602
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		176	92	124	272	238	258	252
Matières en suspension (mg/l)		86	54	98	180	231	191	149
Bore (mg/l)		0,2	0,4	1,4	2,0	3,2	2,0	6,8
Phosphates (mg/l)		14,6	13,8	16,6	28,4	41,0	29,2	45,0
Détergents (mg/l)		2,5	1,5	1,5	1,5	4,5	3,2	6,5
Indice "CH ₂ " (mg/l)		23	7	14	32	46	39	44
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique	0,17			0,09		0,12	0,07
	ac.caprique	0,15	0,06	0,06	0,13	0,08	0,15	0,12
	ac.laurique	0,44	0,17	0,29	1,05	1,02	1,07	0,81
	ac.myristique	0,70	0,32	0,61	1,74	1,68	1,55	1,86
	ac.palmitique	5,50	2,63	4,79	14,2	12,5	10,6	14,0
	ac.stéarique	4,00	2,71	4,44	13,0	10,5	8,92	13,2
	ac.oléïque	4,37	1,42	3,19	9,81	9,04	8,88	7,40
	ac.linoléïque	1,27		0,63	2,48	2,60	2,18	1,81
	ac.linolénique							
	ac.arachidique	0,18		0,15	0,54	0,36	0,44	0,89
	ac.totaux	16,8	7,3	14,2	43,0	37,8	34,0	40,2
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique	0,18				0,04		0,06
	ac.caprique	0,18	0,01	0,02	0,02	0,10	0,12	0,15
	ac.laurique	0,75	0,11	0,06	0,11	0,22	0,21	0,23
	ac.myristique	0,85	0,12	0,23	0,26	0,51	0,72	0,74
	ac.palmitique	3,81	0,48	1,05	0,92	2,21	2,96	2,71
	ac.stéarique	0,92	0,31	0,63	0,58	1,21	1,70	1,31
	ac.oléïque	2,43	0,72	1,53	0,82	3,29	4,16	3,15
	ac.linoléïque	1,45	0,45	0,84	0,53	1,89	1,85	1,41
	ac.linolénique	0,22		0,08	0,02	0,04	0,12	0,03
	ac.arachidique					0,07		
	ac.totaux	10,8	2,2	4,4	3,3	9,6	11,8	9,8
Esters et acides gras totaux (mg/l)		27,6	9,5	18,6	46,3	47,4	45,8	50,0

- TABLEAU XIV -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à l'entrée
de la station d'épuration de THURINS (suite)

Heure de prélèvement		I0H30	IIH	IIH30	I2H	I2H30	I3H	I3H30
pH		7,65	7,9	7,8	7,7	7,3	7,7	7,35
DCO (mg O ₂ /l)		642	681	504	640	707	648	319
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		226	252	184	260	304	232	97
Matières en suspension (mg/l)		159	277	157	191	190	241	83
Bore (mg/l)		5,0	7,2	3,6	4,6	6,0	7,2	3,4
Phosphates (mg/l)		43	63	34	40	53	50	25,2
Détergents (mg/l)		8,7	8,5	8,8	7,4	6,0	7,7	7,1
Indice "CH ₂ " (mg/l)		51	55	34,8	48,9	55,4	68,8	16
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique	0,11	0,18			0,42	0,31	0,11
	ac.caprique	0,07	0,18	0,05	0,06	0,07	0,19	0,07
	ac.laurique	0,62	0,83	0,62	0,82	0,78	1,32	0,60
	ac.myristique	1,36	2,02	1,08	1,44	1,96	2,30	0,72
	ac.palmitique	10,9	13,6	9,16	12,2	16,5	15,4	5,26
	ac.stéarique	9,70	10,2	7,78	11,0	13,9	9,85	3,95
	ac.oléique	6,45	10,2	5,48	8,36	9,63	10,3	3,95
	ac.linoléique	1,81	2,82	1,36	1,72	3,07	2,65	0,91
	ac.linolénique							
	ac.arachidique	0,34	0,34	0,20	0,35	0,46	0,44	0,23
	ac.totaux	31,3	40,4	25,7	36,0	46,8	42,8	15,8
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique	0,14	0,11	0,06	0,07	0,11	0,51	0,09
	ac.caprique	0,20	0,15	0,12	0,10	0,11	0,35	0,08
	ac.laurique	0,79	0,37	0,31	0,30	0,29	1,86	0,22
	ac.myristique	1,26	0,82	0,71	0,66	0,66	1,37	0,38
	ac.palmitique	5,54	3,18	2,79	2,80	3,15	6,38	1,58
	ac.stéarique	2,78	1,61	1,46	1,45	1,53	2,32	0,79
	ac.oléique	6,97	3,69	3,02	2,80	2,72	6,28	1,89
	ac.linoléique	2,54	1,59	1,09	1,09	0,99	2,95	1,03
	ac.linolénique	0,05	0,03					
	ac.arachidique	0,20		0,04	0,05	0,04	0,03	
	ac.totaux	20,5	11,6	9,6	9,3	9,6	22,0	6,0
Esters et acides gras totaux (mg/l)		51,8	52,0	35,3	45,3	56,4	64,8	21,9

- TABLEAU XV -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à l'entrée
de la station d'épuration de THURINS (suite)

Heure de prélèvement		I4H	I4H30	I5H	I5H30	I6H	I6H30	I7H
pH		7,4	7,2	7,3	7,5	7,3	7,5	8,0
DCO (mg O ₂ /l)		410	919	675	602	445	461	492
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		170	496	232	240	222	214	172
Matières (en suspen- sion (mg/l))		99	260	147	155	104	84	97
Bore (mg/l)		5,2	4,4	5,6	2,6	3,2	3,8	5,2
Phosphates (mg/l)		38	33	40	37	22	29	35
Détergents (mg/l)		8,3	8,3	11,6	8,6	9,4	9,1	7,1
Indice "CH ₂ " (mg/l)		26	59	54	32	39	29,5	20
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique	0,10	0,23	0,28	0,23	0,21	0,27	0,13
	ac.caprique	0,07	0,10	0,12	0,24	0,17	0,11	0,06
	ac.laurique	0,44	0,56	0,91	1,92	1,55	1,39	1,05
	ac.myristique	0,60	0,81	1,14	1,48	1,31	1,28	0,72
	ac.palmitique	5,13	7,12	8,78	9,53	9,49	7,78	5,88
	ac.stéarique	4,09	5,08	7,43	6,57	5,72	5,41	4,07
	ac.oléïque	4,03	7,52	7,41	9,20	13,5	8,37	5,30
	ac.linoléïque	1,35	2,73	1,94	2,84	6,52	3,42	1,81
	ac.linolénique						0,01	
	ac.arachidique	0,17	0,33	0,29		0,27	0,14	0,25
	ac.totaux	16,0	24,5	28,3	32,0	38,7	28,2	19,3
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique	0,13	0,33	0,35	0,10	0,22	0,08	0,07
	ac.caprique	0,13	0,32	0,41	0,19	0,27	0,11	0,09
	ac.laurique	0,36	0,72	0,77	0,40	0,43	0,24	0,19
	ac.myristique	0,61	1,35	1,66	0,91	1,15	0,59	0,48
	ac.palmitique	3,34	7,63	7,36	4,31	5,03	3,25	2,41
	ac.stéarique	1,48	3,56	3,46	2,24	2,85	1,60	1,32
	ac.oléïque	7,90	21,0	15,7	8,31	7,32	5,29	3,83
	ac.linoléïque	4,88	12,1	10,5	5,91	4,82	3,71	2,74
	ac.linolénique	0,10		0,20	0,09	0,18		0,03
	ac.arachidique	0,20	0,27	0,28		0,13	0,05	0,03
	ac.totaux	19,1	47,3	40,6	22,5	22,4	14,9	11,2
Esters et acides gras totaux (mg/l)		35,1	71,8	68,9	54,5	61,1	43,1	30,5

- TABLEAU XVI -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à l'entrée
de la station d'épuration de THURINS (suite)

Heure de prélèvement		I7H30	I8H	I8H30	I9H	I9H30	20H	20H30
pH		7,45	7,5	7,6	7,55	7,4	7,4	7,5
DCO (mg O ₂ /l)		284	516	1178	366	429	246	317
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		100	170	272	116	190	95	98
Matières (en suspen- sion) (mg/l)		96	113	381	73	104	162	54
Bore (mg/l)		2,0	6,6	4,0	4,2	1,4	0,8	1,0
Phosphates (mg/l)		21,8	41	42	19,6	14,4	16,4	16
Détergents (mg/l)		5,3	7,2	6,3	5,5	1,45	3,85	3,4
Indice "CH ₂ " (mg/l)		24	64	55	12	37,5	10,5	14,4
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique			0,07		0,04		
	ac.caprique	0,08	0,07	0,10	0,01	0,12	0,03	0,04
	ac.laurique	1,66	0,42	0,74	0,08	0,44	0,24	0,34
	ac.myristique	1,27	0,94	1,32	0,30	0,80	0,37	0,52
	ac.palmitique	6,78	8,53	13,8	2,85	7,33	2,91	4,22
	ac.stéarique	4,85	7,19	18,5	3,03	5,07	2,63	3,46
	ac.oléique	5,51	6,93	6,64	1,54	9,41	2,15	3,59
	ac.linoléique	1,31	1,67	1,35		1,85	0,26	0,72
	ac.linolénique							
	ac.arachidique	0,16	0,12	0,96	0,22	0,26		0,11
	ac.totaux	21,6	25,9	43,5	8,0	25,3	8,6	13,0
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique	0,05	0,07	0,02		0,06		
	ac.caprique	0,07	0,12	0,05	0,02	0,11	0,04	0,04
	ac.laurique	0,18	0,22	0,12	0,04	0,15	0,07	0,10
	ac.myristique	0,46	1,13	0,29	0,15	0,71	0,30	0,27
	ac.palmitique	2,65	14,6	1,43	0,86	5,72	1,52	1,28
	ac.stéarique	1,50	9,24	1,00	0,43	3,42	0,80	0,63
	ac.oléique	2,88	18,2	1,14	1,28	7,37	2,38	2,39
	ac.linoléique	1,32	3,45	0,54	0,53	2,27	1,16	1,18
	ac.linolénique	0,02	0,15				0,16	0,06
	ac.arachidique	0,04	0,14	0,10				
	ac.totaux	9,2	47,4	4,7	3,3	19,8	6,4	6,0
Esters et acides gras totaux (mg/l)		30,8	73,3	48,2	11,3	45,1	15,0	19,0

- TABLEAU XVII -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à l'entrée
de la station d'épuration de THURINS (fin)

Heure de prélèvement		2IH	2IH30	22H	22H30	23H	23H30	OH	Moyenne
pH		7,5	7,55	7,55	7,7	7,7	7,8	7,8	7,65
DCO (mg O ₂ /l)		520	415	256	380	276	236	173	504
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		168	124	132	120	104	99	69	188
matières en suspension (mg/l)		144	78	64	72	94	54	29	136
Bore (mg/l)		1,2	2,0	1,6	1,2	1,6	1,2	1,2	3,2
Phosphates (mg/l)		22,2	20	17,4	17,4	18	17,4	16,6	29,4
Détergents (mg/l)		4,4	7,3	6,8	7,0	5,0	4,4	4,8	6,0
Indice "CH ₂ " (mg/l)		10,2	11,4	16	25,8	15	9,6	5,2	31,6
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique	0,03		0,03	0,02				0,092
	ac.caprique	0,10	0,02	0,09	0,07	0,04	0,02		0,088
	ac.laurique	0,36	0,25	0,55	0,22	0,53	0,22	0,10	0,697
	ac.myristique	0,44	0,39	0,68	0,42	0,62	0,29	0,15	1,00
	ac.palmitique	3,26	3,50	4,25	3,57	3,38	2,27	1,23	7,68
	ac.stéarique	2,82	3,55	3,00	2,67	2,85	2,16	1,41	6,42
	ac.oléïque	2,88	1,92	4,25	2,95	3,69	1,64	0,85	5,94
	ac.linoléïque	0,90		1,72	1,06	1,76		0,42	1,68
	ac.linolénique		0,19					0,11	0,009
	ac.arachidique	0,22		0,18	0,78	1,11			0,30
	ac.totaux	11,0	9,8	14,8	11,8	14,0	6,6	4,3	23,9
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique		0,02	0,02	0,15	0,04			0,108
	ac.caprique	0,03	0,04	0,07	0,24	0,09	0,04	0,02	0,120
	ac.laurique	0,06	0,07	0,15	0,32	0,12	0,08	0,04	0,304
	ac.myristique	0,19	0,21	0,50	1,08	0,42	0,23	0,10	0,63
	ac.palmitique	0,99	0,95	2,28	5,29	1,96	1,12	0,49	3,26
	ac.stéarique	0,56	0,53	1,09	2,72	1,10	0,54	0,26	1,68
	ac.oléïque	1,72	1,91	3,46	8,53	3,22	2,39	1,30	4,88
	ac.linoléïque	1,25	2,26	4,24	4,48	2,17	1,44	1,44	2,63
	ac.linolénique			0,11		0,30	0,19	0,48	0,076
	ac.arachidique		0,04		0,07				0,044
	ac.totaux	4,8	6,0	11,9	22,9	9,4	6,0	4,1	13,7
Esters et acides gras totaux (mg/l)		15,8	15,8	26,7	34,7	23,4	12,6	8,4	37,6

- TABLEAU XVIII -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à la sortie
de la station d'épuration de THURINS

Heure de prélèvement		IOH	IIH	I2H	I3H	I4H	I5H	I6H
pH		7,2	7,15	7,15	7,15	7,1	7,2	7,2
DCO (mg O ₂ /l)		65	65	65	65	53	51	59
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		13	9	12	12	12	6	9
Matières en suspension (mg/l)		10	10	9	9	4	4	4
Bore (mg/l)		3,8	3,8	3,6	3,4	4,0	3,2	3,2
Phosphates (mg/l)		25,2	25,2	25,2	26,0	26,4	27,6	23,2
Détergents (mg/l)		1,5	1,7	1,2	1,5	0,6	1,32	0,8
Indice "CH ₂ " (mg/l)		0,96	0,80	0,71	1,04	0,78	0,70	0,90
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique		0,011					
	ac.laurique		0,006			0,001		
	ac.myristique	0,011	0,007	0,011	0,011	0,007		0,012
	ac.palmitique	0,176	0,057	0,107	0,150	0,113	0,073	0,062
	ac.stéarique	0,090	0,036	0,147	0,080	0,052	0,051	
	ac.oléique		0,003		0,006	0,049	0,094	
	ac.linoléique			0,013		0,001		
	ac.linolénique							
	ac.arachidique							
	ac.totaux	0,277	0,120	0,278	0,247	0,223	0,218	0,074
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique							
	ac.laurique							
	ac.myristique	0,007	0,010	0,007	0,005	0,005		0,002
	ac.palmitique	0,058	0,069	0,069	0,066	0,039	0,033	0,040
	ac.stéarique	0,016	0,108	0,022	0,020	0,016	0,007	0,014
	ac.oléique	0,107	0,373	0,245	0,255	0,129	0,080	0,145
	ac.linoléique	0,150	0,260	0,138	0,003	0,064	0,040	0,075
	ac.linolénique							
	ac.arachidique							
	ac.totaux	0,338	0,820	0,481	0,350	0,253	0,160	0,276
Esters et acides gras totaux (mg/l)		0,615	0,940	0,760	0,600	0,480	0,380	0,350

- TABLEAU XIX -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à la sortie
de la station d'épuration de THURINS (suite)

Heure de prélèvement		I7H	I8H	I9H	20H	21H	22H	23H	0H
pH		7,15	7,2	7,15	7,2	7,2	7,2	7,25	7,25
DCO (mg O ₂ /l)		59	61	63	63	65	67	71	65
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		9	14	14	17	19	20	12	17
matières en suspension (mg/l)		4	2	1	2	5	2	4	4
Bore (mg/l)		3,2	3,4	3,4	3,4	3,6	3,6	3,6	3,6
Phosphates (mg/l)		24,4	25,6	25,6	27,2	26,8	18,8	26,4	27,6
Détergents (mg/l)		1,1	0,65	0,95	0,90	0,90	1,00	1,10	0,95
Indice "CH ₂ " (mg/l)		0,66	0,72	0,84	0,72	1,02	0,66	0,90	1,02
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique								
	ac.caprique								
	ac.laurique								
	ac.myristique	0,009		0,008		0,004	0,008	0,007	
	ac.palmitique	0,026	0,011	0,062	0,039	0,035	0,038	0,043	0,025
	ac.stéarique			0,042	0,021	0,036	0,023	0,025	0,025
	ac.oléïque			0,028		0,003			
	ac.linoléïque								
	ac.linolénique								
	ac.arachidique								
ac.totaux		0,035	0,011	0,140	0,060	0,078	0,069	0,075	0,050
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique								
	ac.caprique								
	ac.laurique								
	ac.myristique	0,002	0,003	0,004	0,003		0,004	0,006	
	ac.palmitique	0,030	0,073	0,044	0,036		0,038	0,048	0,038
	ac.stéarique	0,013	0,027	0,015	0,007		0,005	0,014	0,031
	ac.oléïque	0,097	0,320	0,095	0,078		0,080	0,153	0,133
	ac.linoléïque	0,042	0,180	0,076	0,032		0,036	0,090	0,116
	ac.linolénique		0,021						
	ac.arachidique								
ac.totaux		0,184	0,624	0,234	0,156	-	0,163	0,312	0,318
Esters et acides gras totaux (mg/l)		0,22	0,63	0,37	0,21	0,08	0,23	0,39	0,37

- TABLEAU XX -

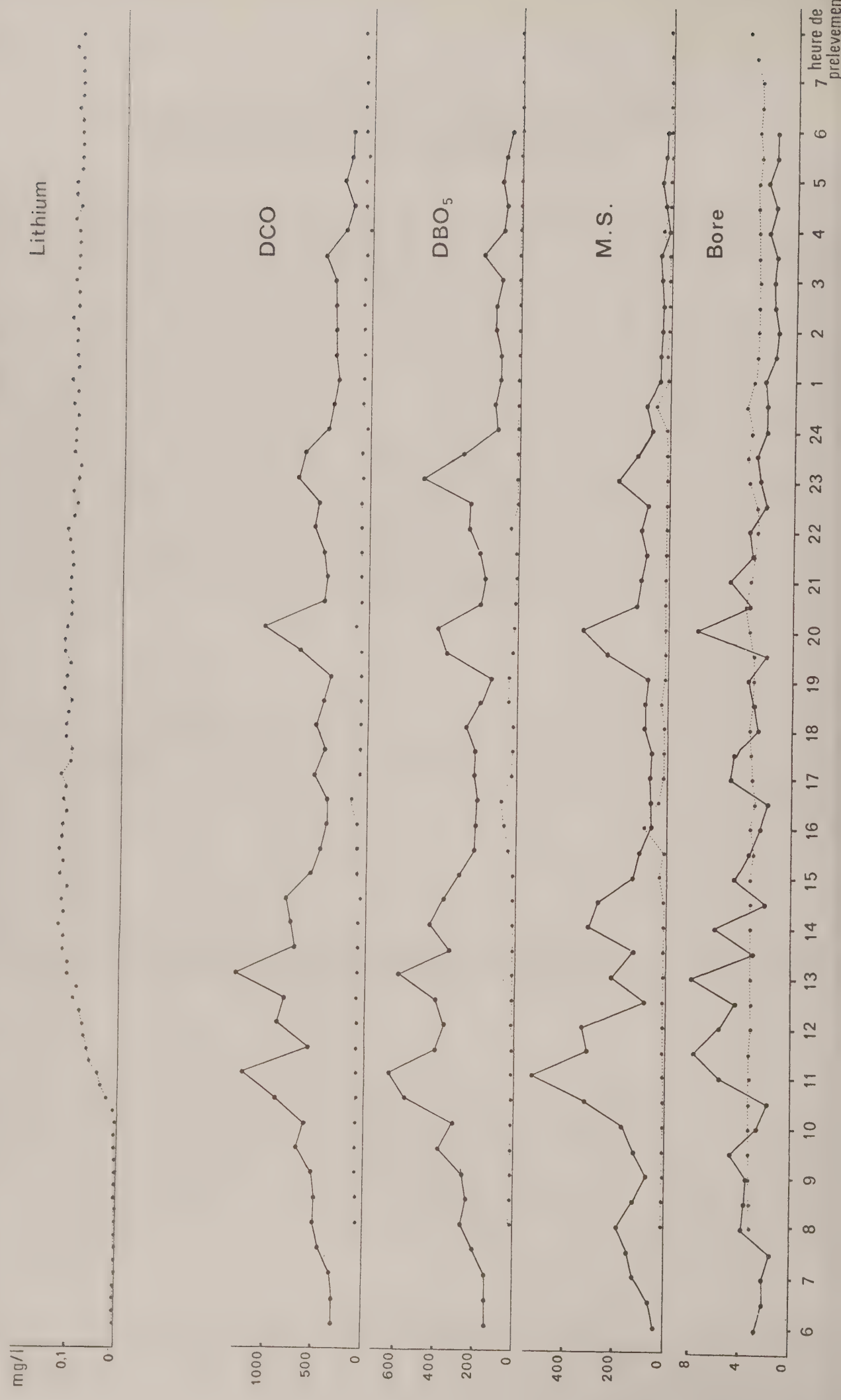
Résultats d'analyses d'eaux prélevées à la sortie
de la station d'épuration de THURINS (fin)

Lieu de prélèvement		IH	2H	3H	4H	5H	6H	7H	Moyenne
pH		7,3	7,3	7,15	7,15	7,2	7,15	7,2	7,19
DCO (mg O ₂ /l)		69	63	63	71	69	69	79	64,5
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		17	20	22	25	22	22	25	15,8
Matières en suspension (mg/l)		3	4	4	6	7	4	8	5,0
Bore (mg/l)		4,2	4,2	4,2	4,0	4,0	3,8	3,6	3,67
Phosphates (mg/l)		26,0	26,8	27,2	26,8	27,2	27,2	27,6	25,9
Détergents (mg/l)		1,05	1,25	1,35	1,20	1,30	1,60	1,05	1,14
Indice "CH ₂ " (mg/l)		0,82	0,96	0,96	0,90	1,04	0,98	1,02	0,87
Acides gras (mg/l)	ac.caprylique								
	ac.caprique								0,001
	ac.laurique								0,001
	ac.myristique				0,006	0,006	0,004	0,004	0,005
	ac.palmitique	0,029	0,026	0,033	0,046	0,039	0,037	0,034	0,057
	ac.stéarique	0,031	0,023	0,043	0,027	0,033	0,028		0,037
	ac.oléïque				0,001				0,008
	ac.linoléïque	0,005			0,003				0,001
	ac.linolénique								
	ac.arachidique								
ac.totaux		0,065	0,049	0,076	0,083	0,078	0,069	0,038	0,110
(mg ac.gras/l)	ac.caprylique								
	ac.caprique								
	ac.laurique								
	ac.myristique		0,003	0,003		0,003	0,004	0,003	0,003
	ac.palmitique	0,025	0,030	0,034	0,015	0,035	0,039	0,030	0,040
	ac.stéarique			0,009		0,012	0,011		0,016
	ac.oléïque	0,045	0,065	0,084	0,043	0,113	0,102	0,045	0,127
	ac.linoléïque		0,032			0,033	0,031		0,063
	ac.linolénique								0,001
	ac.arachidique								
ac.totaux		0,070	0,130	0,130	0,058	0,196	0,187	0,078	0,25
stéarique et acides gras totaux (mg/l)		0,135	0,28	0,21	0,14	0,27	0,25	0,11	0,36

Fig. 24 :

Courbes de dosages de la station d'épuration d'eaux de ARNAS

entree
sortie



1.4. - Résultats d'Arnas :

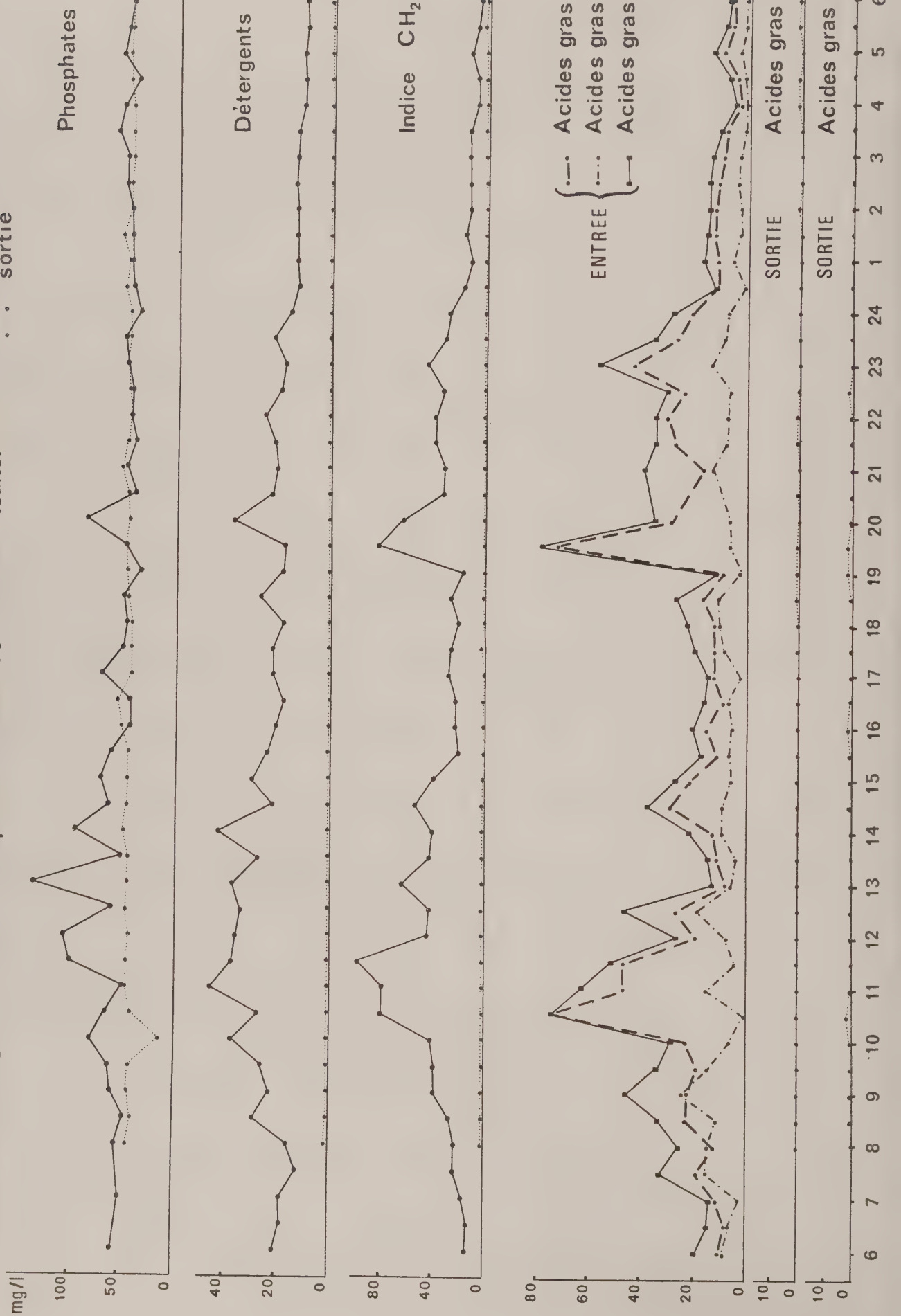
Les résultats sont rassemblés dans les pages suivantes : pour l'entrée, du tableau XX au tableau XXVII et, pour la sortie, du tableau XXVIII au tableau XXXIV. Ils sont schématisés par les courbes des figures 20 à 28. Les courbes de la sortie ne sont évoquées que si elles présentent une exception à leur régularité.

- pH : la mesure n'a pas été faite.
- DCO : moyenne à l'entrée : 537 mg/l, à la sortie : 78,2 mg/l.
 - . A l'entrée, on observe les rejets les plus importants à 11 h., 13 h., 20 h., 23 h. et 3 h. 30.
 - . A la sortie, des pics apparaissent à 16 h., 16 h. 30 et 20 h.
- DBO₅ : moyenne à l'entrée : 242 mg/l, à la sortie : 13,8 mg/l.
 - . La courbe est parallèle à celle de la DCO.
- M.S. : moyenne à l'entrée : 128 mg/l, à la sortie : 8,5 mg/l.
 - . A l'entrée, on observe une augmentation entre 7 h. et 8 h., de 10 h. à 12 h., à 14 h., 14 h. 30, 19 h. 30, 20 h. et 23 h.
 - . A la sortie, des pics apparaissent à 16 h., 0 h. 30 et 4 h.
- BORE : moyenne à l'entrée : 3,2 mg/l, à la sortie : 3,0 mg/l.
 - . A l'entrée, on observe beaucoup de pics de 8 h. à 22 h. et les minima sont plus remarquables : on les trouve à 10 h., 10 h. 30, 14 h. 30, 16 h. et 16 h. 30.
- PHOSPHATES : moyenne à l'entrée : 58,3 mg/l, à la sortie : 47,0 mg/l.
 - . A l'entrée, leur courbe est sensiblement parallèle à celle du bore. Elle présente néanmoins un pic plus prononcé à 13 h., 17 h. et 20 h.
- DETERGENTS : moyenne à l'entrée : 22,8 mg/l, à la sortie : 1,47 mg/l.
 - . A l'entrée, les rejets les plus importants ont eu lieu à 11 h., 14 h., 18 h. 30 et 20 h. On observe aussi un léger maximum à 22 h. et un autre à 22 h. 30.
 - . La courbe ne présente pas de parallélisme frappant avec celle du bore ou celle des phosphates.

Fig. 25 :

Courbes de dosages de la station d'épuration d'eaux de ARNAS (suite)

—•— entrée
-.- sortie



- INDICE CH_2 : moyenne à l'entrée : 33,1 mg/l, à la sortie : 0,69 mg/l.

. La courbe, à l'entrée, se rapproche beaucoup de celle de la DBO_5 . On observe des rejets maximaux de 10 h. à 12 h., à 13 h., 14 h. 30, 19 h. 30 et 22 h. 30.

	moyenne :	
	à l'entrée (mg/l)	à la sortie (mg/l)
AGL.....	19,3	0,060
AGE.....	6,9	0,023
AG totaux..	26,2	0,083

- . La courbe des acides gras totaux, à l'entrée, est très proche de celle de l'indice CH_2 . On trouve là plus d'acides gras libres que d'estérifiés.
- . Les rejets les plus importants d'acides gras libres ont eu lieu à 10 h. 30, 12 h. 30, 14 h. 30, 19 h. 30, 23 h. et 5 h., avec des pics très différenciés (10 h. 30, 19 h. 30 et 23 h.). Ils sont constitués de C18 : 1, C16, C18, C18 : 2, en majorité. On trouve aussi beaucoup d'acide laurique C12 et en quantité supérieure à C14.
- . Les acides gras estérifiés ne montrent pas de maxima très nets. On les trouve à 9 h., 11 h., 12 h. 30, 21 h. et 23 h., constitués, par ordre d'importance relative, de : C16, C18 : 1, C18 et C18 : 2.

Cette station rejette un effluent conforme aux normes de la circulaire du 10.06.1976 données dans le tableau I (page 15).

Les heures des prélèvements les plus représentatifs de la moyenne ont été déterminées comme à Messimy et on obtient :

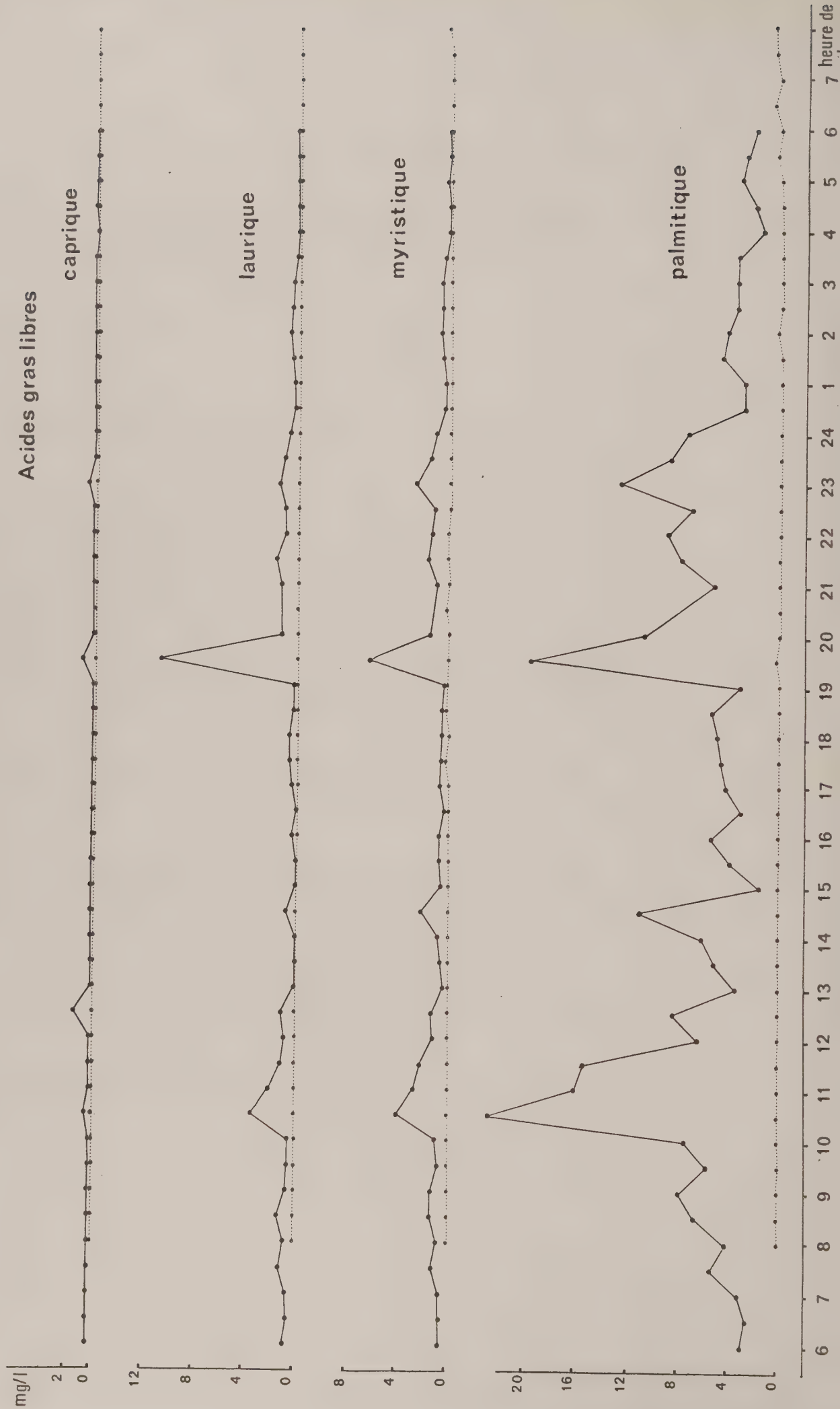
- pour l'entrée : 9 h., 15 h. 30, 18 h. 30 et 22 h.
(figure 29)
- pour la sortie : 20 h. 30, 18 h., 15 h. et 9 h. 30.
(figure 30)

au prorata du nombre de paramètres significatifs correspondant au nombre de points.

Fig. 26 :

Courbes de dosages de la station d'épuration d'eaux de ARNAS (suite)

— entrée
... sortie



Légende*

Fig. 29 : Détermination du meilleur moment de
prélèvement pour connaître la moyenne
à l'entrée de la station de ARNAS

paramètre	m-10%	m+10%
moyenne	m-20%	m+20%

pH		
-		

DCO	483	591
537	430	644

DBO ₅	218	266
242	194	290

M.S.	115	141
128	102	154

Bore	2,9	3,5
3,2	2,6	3,8

Phosphates	52,5	64,1
58,3	46,6	70,0

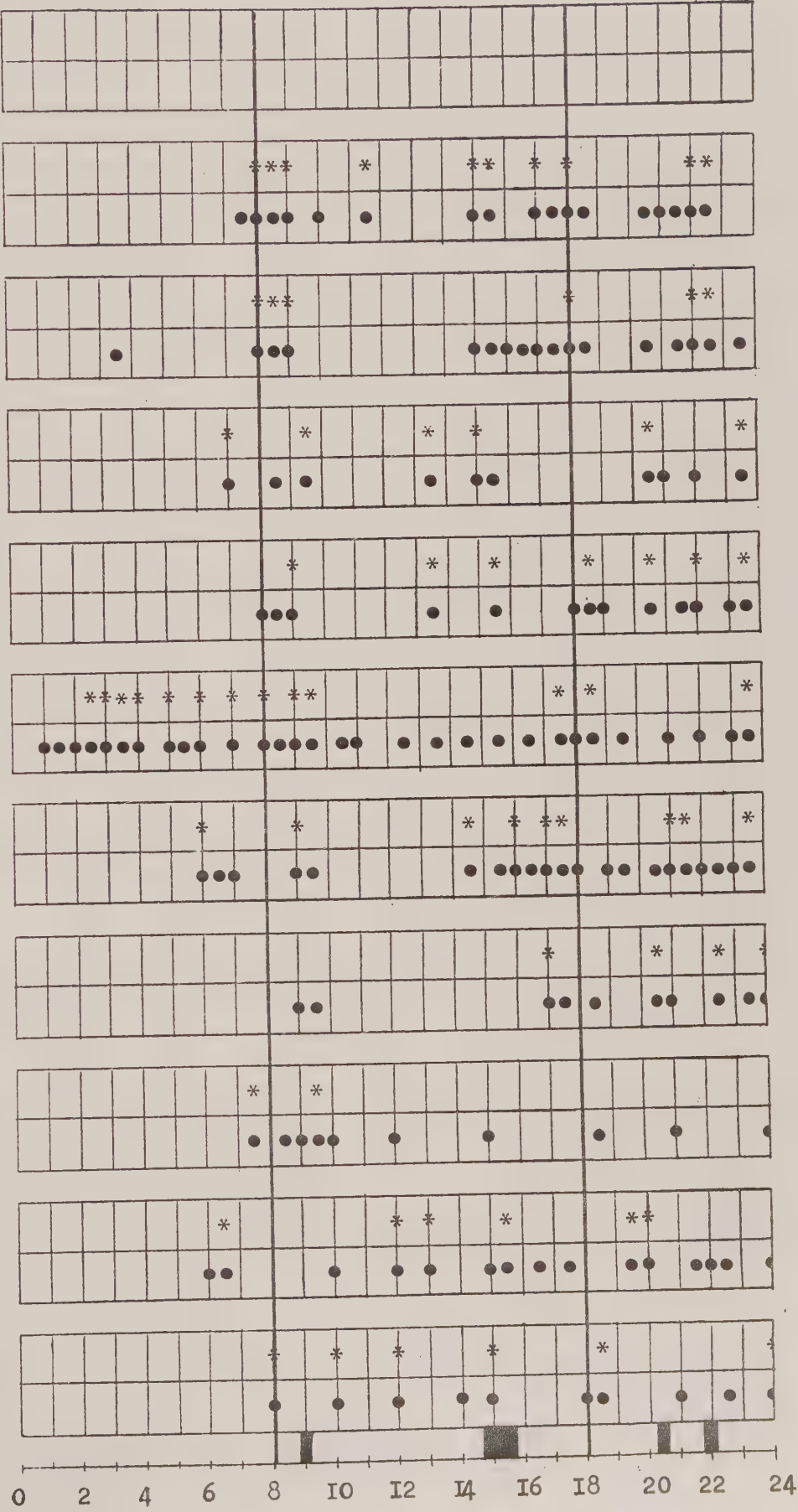
Détergents	20,5	25,1
22,8	18,2	27,4

Indice "CH ₂ "	29,8	36,4
33,1	26,5	39,7

A.G.L.	17,4	21,2
19,3	15,4	23,2

A.G.E.	6,21	7,59
6,90	5,52	8,28

A.G.tot.	23,6	28,8
26,2	21,0	31,4



*sauf pH pour lequel on choisit m-0,1 U, m+0,1 U, m-0,2 U, m+0,2 U

Fig. 27 :

Courbes de dosages de la station d'épuration d'eaux de ARNAS (suite)

—•— entrée
... sortie

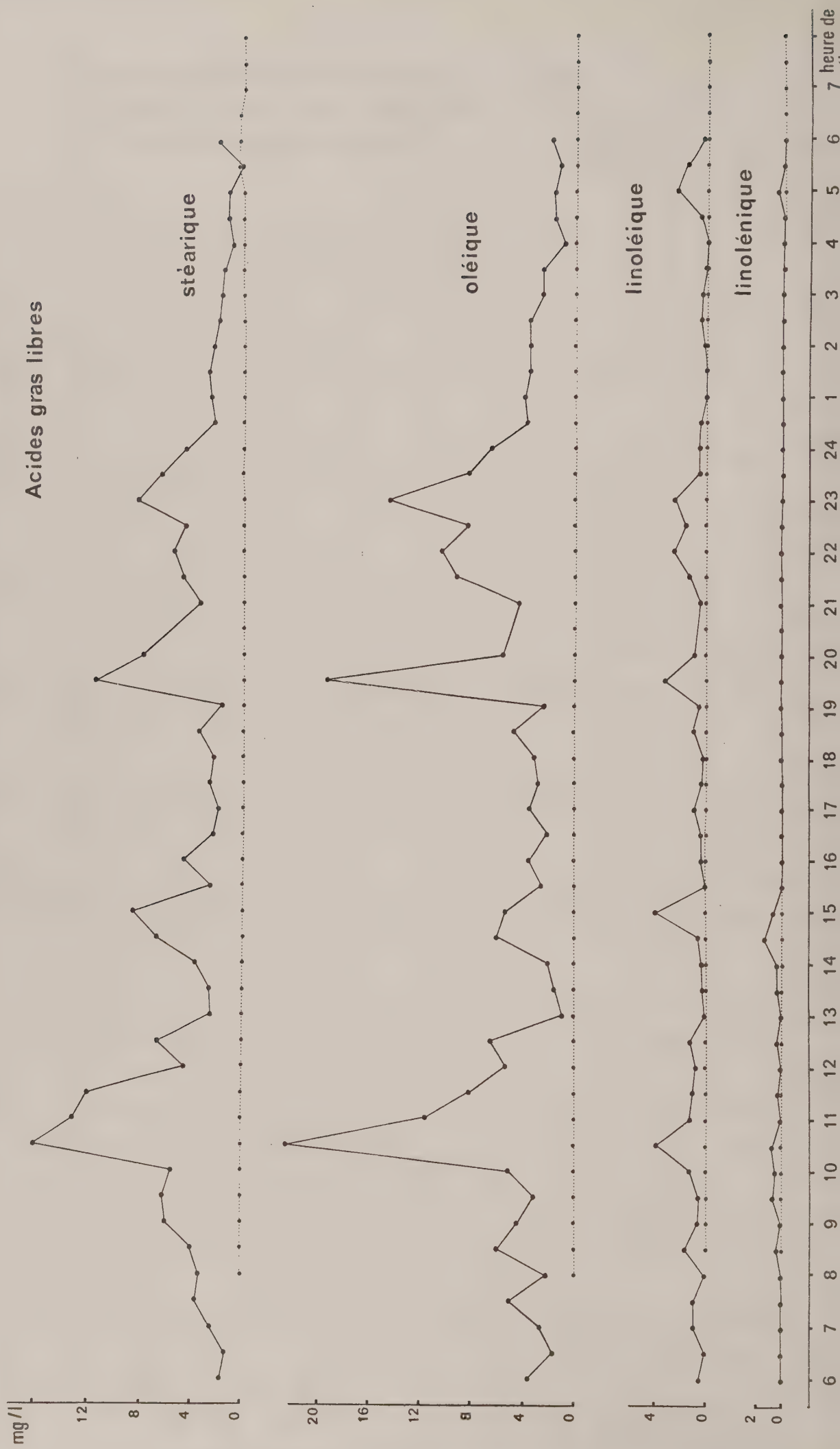


Fig. 30 : Détermination du meilleur moment de
prélèvement pour connaître la moyenne
à la sortie de la station de ARNAS

Légende*

paramètre	m-10%	m+10%
moyenne	m-20%	m+20%

pH		
-		

DCO	70,4	86,0
78,2	62,6	93,8

DBO5	12,4	15,2
13,8	11,0	16,6

M.S.	7,6	9,4
8,5	6,8	10,2

Bore	2,7	3,3
3,00	2,4	3,6

Phosphates	42,3	51,7
47,0	37,6	56,4

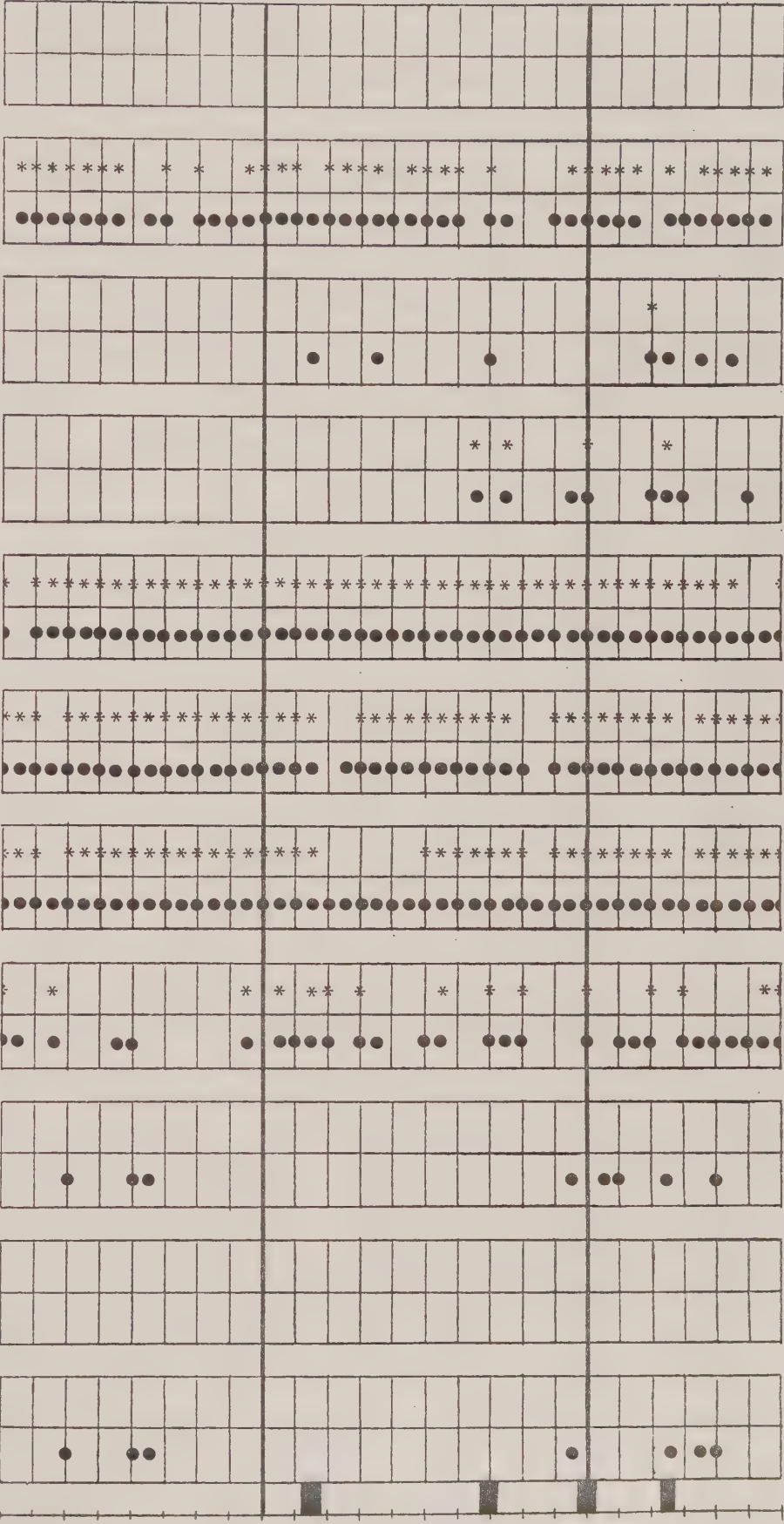
Détergents	1,27	1,55
1,41	1,13	1,69

Indice "CH ₂ "	0,62	0,76
0,69	0,55	0,83

A.G.L.	0,05	0,07
0,06	0,04	0,08

A.G.E.	0,021	0,025
0,023	0,018	0,028

A.G.tot.	0,07	0,09
0,083	0,06	0,10



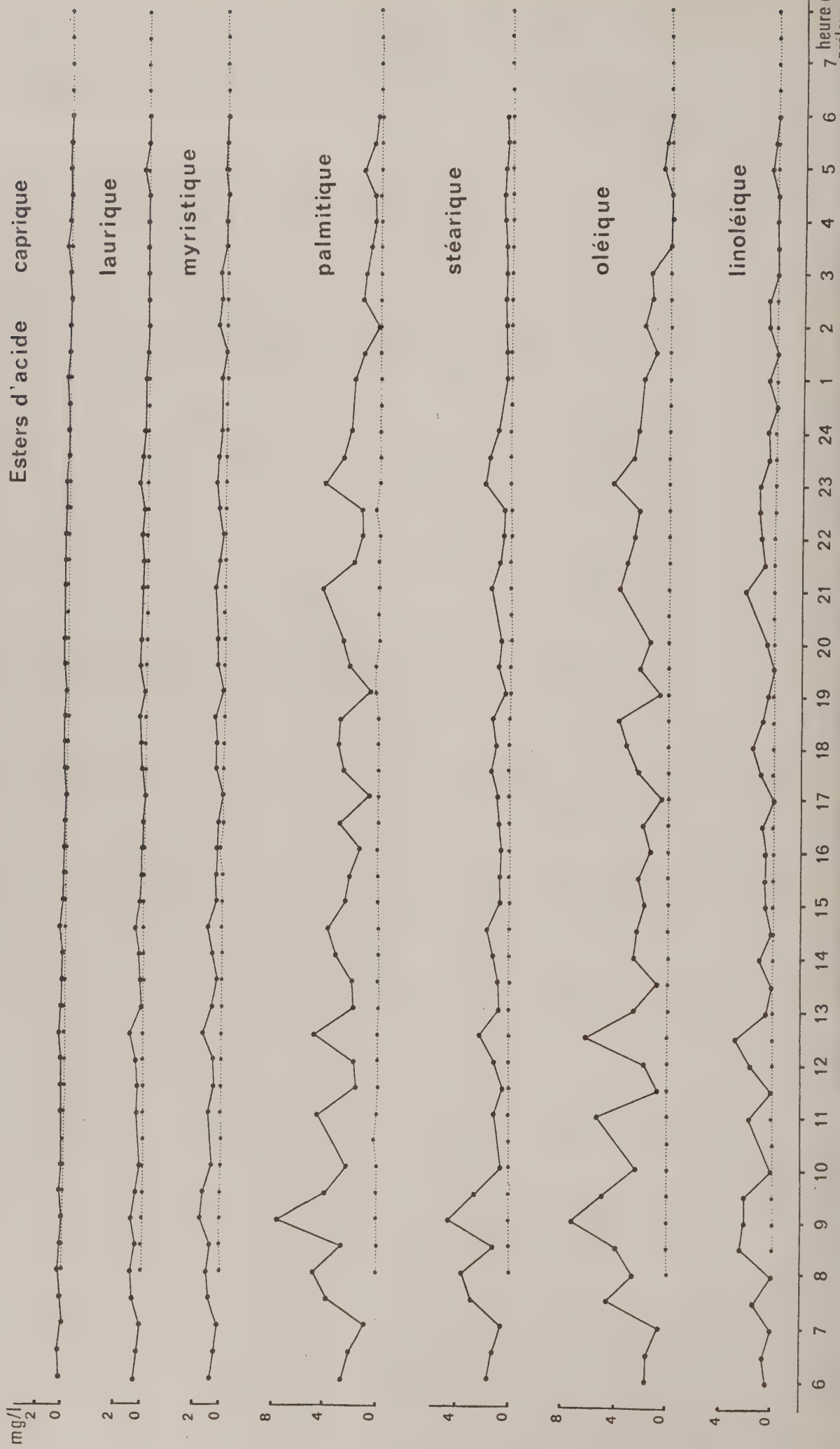
Heure 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

*sauf pH pour lequel on choisit m-0,1 U, m+0,1 U, m-0,2 U, m+0,2 U

Fig. 28 :

Courbes de dosages de la station d'épuration d'eaux de ARNAS (fin)

—•— entrée
... sortie



- TABLEAU XXI -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à l'entrée
de la station d'épuration d'ARNAS

Heure de prélèvement		6H	6H30	7H	7H30	8H	8H30	9H
pH		-	-	-	-	-	-	-
DCO (mg O ₂ /l)		306	310	330	441	499	495	519
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		135	130	138	192	250	220	248
Matières en suspension (mg/l)		42	53	136	156	197	128	72
Bore (mg/l)		2,5	2	2	1,3	3,7	3,55	3,45
Phosphates (mg/l)		57,5	-	50,5	-	56	47,5	60
Détergents (mg/l)		21,2	18,5	18,5	13	16,5	29,2	23,2
Indice "CH ₂ " (mg/l)		14	12	16	21,6	21,6	26	38
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique	0,21	0,10	0,05	0,11	0,18	0,22	0,20
	ac.laurique	0,70	0,61	0,61	1,15	0,80	1,33	0,90
	ac.myristique	0,63	0,63	0,66	1,11	0,80	1,39	1,43
	ac.palmitique	2,98	2,73	3,21	5,44	4,24	6,64	7,92
	ac.stéarique	1,66	1,39	2,48	3,70	3,42	3,97	5,92
	ac.oléïque	3,64	1,85	2,77	5,04	2,25	5,99	4,51
	ac.linoléïque	0,63	0,19	1,02	1,13	0,19	1,76	0,75
	ac.linoléinique						0,29	
	ac.arachidique							
	ac.totaux	10,5	7,5	10,8	17,7	11,9	21,6	21,6
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique	0,13	0,17		0,14	0,27	0,10	0,18
	ac.laurique	0,50	0,17		0,62	0,83	0,34	0,77
	ac.myristique	0,70	0,41	0,17	0,78	1,02	0,71	1,57
	ac.palmitique	2,57	2,08	0,87	3,90	4,74	2,68	7,60
	ac.stéarique	1,65	1,29	0,63	2,80	3,48	1,27	4,62
	ac.oléïque	1,72	1,72	0,73	4,57	2,67	3,88	7,16
	ac.linoléïque	0,46	0,68		1,37		2,32	1,94
	ac.linoléinique							
	ac.arachidique							
	ac.totaux	7,9	6,5	2,4	14,3	13,1	11,3	23,8
Esters et acides gras totaux (mg/l)		18,4	14	13,2	32	25	32,9	45,4

- TABLEAU XXII -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à l'entrée
de la station d'épuration d'ARNAS (suite)

Heure de prélèvement		9H30	10H	10H30	11H	11H30	12H	12H30
pH		-	-	-	-	-	-	-
DCO (mg O ₂ /l)		675	618	894	1236	546	880	823
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		368	300	540	624	400	364	400
Matières en suspension (mg/l)		121	170	322	534	312	332	82
Bore (mg/l)		4,3	2,45	1,65	5,45	7,6	5,6	4,15
Phosphates (mg/l)		62,5	80	65	49	98	105,5	60
Détergents (mg/l)		26,5	38,5	27,5	46	38	37	35
Indice "CH ₂ " (mg/l)		38	42	80	80	98	46	44
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique	0,16	0,10	0,43	0,27	0,28	0,08	1,46
	ac.laurique	0,53	0,67	3,65	2,10	1,30	1,02	1,28
	ac.myristique	0,87	1,08	4,07	2,70	2,33	1,34	1,46
	ac.palmitique	5,74	7,48	22,7	16,0	15,4	6,36	8,26
	ac.stéarique	6,13	5,69	16,1	13,2	12,0	4,56	6,63
	ac.oléïque	3,19	5,12	22,7	11,6	8,2	5,36	6,55
	ac.linoléïque	0,66	1,32	3,9	1,1	1,0	0,64	1,19
	ac.linolénique	0,45	0,29	0,63	0,29	0,30		0,29
	ac.arachidique							
	ac.totaux	17,7	21,8	74,2	47,3	40,8	19,4	27,1
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique	0,27	0,10		0,24	0,22	0,10	0,25
	ac.laurique	0,46	0,12		0,32	0,25	0,40	0,96
	ac.myristique	1,33	0,59		1,09	0,57	0,56	1,41
	ac.palmitique	3,80	2,23		4,48	1,67	1,89	4,84
	ac.stéarique	2,41	0,69		1,16	0,58	1,10	2,11
	ac.oléïque	4,95	2,40		5,48	0,76	1,96	6,12
	ac.linoléïque	2,05			1,82		0,78	2,76
	ac.linolénique							
	ac.arachidique							
	ac.totaux	15,3	6,1	-	14,6	4,1	6,8	18,7
Esters et acides gras totaux (mg/l)		33,0	27,9	74,2	61,9	44,9	26,2	45,8

- TABLEAU XXIV -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à l'entrée
de la station d'épuration d'ARNAS (suite)

Lieu de prélèvement		I6H30	I7H	I7H30	I8H	I8H30	I9H	I9H30
pH		-	-	-	-	-	-	-
DCO (mg O ₂ /l)		408	544	449	531	480	398	695
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		194	216	202	246	194	122	352
Matières en suspension (mg/l)		65	67	58	90	87	75,2	236
Bore (mg/l)		1,95	4,65	4,4	2,7	3,0	3,55	2,0
Phosphates (mg/l)		47	72,5	53	50,5	53	36,5	51
Détergents (mg/l)		19,2	23,5	23,2	19,2	28	20	19
Indice "CH ₂ " (mg/l)		25,5	30	28	23	28	18	83,2
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique	0,04	0,20	0,14	0,22	0,08	0,09	1,0
	ac.laurique	0,17	0,44	0,56	0,63	0,36	0,43	11,0
	ac.myristique	0,41	0,84	0,82	0,74	0,84	0,52	6,4
	ac.palmitique	3,06	4,21	4,35	4,59	5,30	3,11	19,6
	ac.stéarique	2,38	2,01	2,75	2,44	3,55	1,68	11,6
	ac.oléique	2,11	3,56	2,93	3,16	4,86	2,43	19,4
	ac.linoléique	0,40	1,04	0,32	0,32	1,07	0,68	3,2
	ac.linolénique							
	ac.arachidique							
	ac.totaux	8,6	12,3	11,9	12,1	16,1	8,9	72,2
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique	0,13		0,10	0,10	0,15	0,05	0,14
	ac.laurique	0,17		0,31	0,36	0,31	0,06	0,31
	ac.myristique	0,48	0,17	0,60	0,63	0,81	0,12	0,53
	ac.palmitique	2,87	0,50	2,36	2,99	2,90	0,45	2,12
	ac.stéarique	0,78	0,79	1,32	1,02	1,20	0,26	0,92
	ac.oléique	1,94	0,36	2,24	3,26	3,94	0,66	2,18
	ac.linoléique	0,86		0,91	1,56	0,97	0,41	
	ac.linolénique							
	ac.arachidique							
	ac.totaux	7,2	1,8	7,8	10	10,4	2,0	6,3
Esters et acides gras totaux (mg/l)		15,8	14,1	19,7	22,1	26,5	10,9	78,5

- TABLEAU XXV -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à l'entrée
de la station d'épuration d'ARNAS (suite)

Heure de prélèvement		20H	20H30	21H	21H30	22H	22H30	23H
pH		-	-	-	-	-	-	-
DCO (mg O ₂ /l)		1062	465	436	472	574	532	738
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		400	194	178	208	246	248	488
Matières en suspension (mg/l)		339	124	113	90	112	87	201
Bore (mg/l)		7,5	3,45	5,0	3,25	3,5	2,2	2,7
Phosphates (mg/l)		88,5	41	50	41,5	48,5	45	50
Détergents (mg/l)		38,5	24,5	22,5	23,2	26	20	18,2
Indice "CH ₂ " (mg/l)		64	36	32	40	40	34	46,5
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique	0,12		0,16	0,22	0,20	0,20	0,62
	ac.laurique	1,28		1,42	1,84	1,28	1,22	1,70
	ac.myristique	1,74		1,12	1,81	1,60	1,32	2,72
	ac.palmitique	10,56		5,16	7,80	8,73	6,99	12,6
	ac.stéarique	7,94		3,48	4,89	5,49	4,53	8,44
	ac.oléique	5,72		4,38	9,30	10,43	8,39	14,7
	ac.linoléique	1,0		0,76	1,28	2,55	1,80	2,48
	ac.linolénique							
	ac.arachidique							
	ac.totaux	28,4	-	16,5	27,1	30,3	24,4	43,2
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique	0,10		0,15	0,09	0,10	0,05	0,22
	ac.laurique	0,42		0,29	0,15	0,27	0,12	0,47
	ac.myristique	0,63		0,76	0,50	0,20	0,50	0,84
	ac.palmitique	2,48		4,18	2,00	1,50	1,45	4,24
	ac.stéarique	0,63		1,40	0,82	0,66	0,48	1,98
	ac.oléique	1,53		3,84	3,15	2,75	2,24	4,28
	ac.linoléique	0,46		2,18	0,86	1,09	1,21	1,09
	ac.linolénique							
	ac.arachidique							
	ac.totaux	6,2	-	12,9	7,6	6,6	6	13,1
Esters et acides gras totaux (mg/l)		34,6	-	29,4	34,7	36,9	30,4	56,3

- TABLEAU XXVI -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à l'entrée
de la station d'épuration d'ARNAS (suite)

Heure de prélèvement		23H30	0H	0H30	1H	1H30	2H	2H30
pH		-	-	-	-	-	-	-
DCO (mg O ₂ /l)		664	416	373	324	344	340	348
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		280	118	130	110	114	128	127
Matières en suspension (mg/l)		128	72	89	43	42	32	30
Bore (mg/l)		2,95	2,15	2,20	2,35	1,75	1,65	1,75
Phosphates (mg/l)		53	37,5	44	47,5	47	48	52,5
Détergents (mg/l)		22,5	15,8	14	13,8	14,5	14,5	15
Indice "CH ₂ " (mg/l)		32	30	19	16	18	16,5	16,5
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique	0,14	0,08	0,09	0,04	0,06	0,07	0,07
	ac.laurique	1,16	0,84	0,39	0,43	0,58	0,78	0,70
	ac.myristique	1,52	1,18	0,52	0,57	0,74	0,80	0,74
	ac.palmitique	8,56	7,33	3,72	3,72	4,45	4,17	3,54
	ac.stéarique	6,56	4,56	2,34	2,58	2,75	2,55	2,01
	ac.oléique	8,16	6,59	3,90	4,03	3,63	3,70	3,61
	ac.linoléique	0,76	0,79	0,50	0,19		0,19	0,38
	ac.linolénique							
	ac.arachidique							
ac.totaux		26,8	21,4	11,5	11,6	12,2	12,3	11,0
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique	0,08	0,05		0,10			
	ac.laurique	0,37	0,26		0,12			
	ac.myristique	0,58	0,28		0,40	0,17	0,49	0,34
	ac.palmitique	2,79	2,23		1,95	1,30	0,11	1,42
	ac.stéarique	1,63	1,02		0,32	0,32	0,32	0,48
	ac.oléique	2,76	2,38		2,09	1,14	1,90	1,53
	ac.linoléique	0,48	0,61		0,46		0,46	0,68
	ac.linolénique							
	ac.arachidique							
ac.totaux		8,7	6,8	-	5,4	2,9	3,3	4,4
Esters et acides gras totaux (mg/l)		35,5	28,2	11,5	17,0	15,1	15,6	15,4

- TABLEAU XXVII -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à l'entrée
de la station d'épuration d'ARNAS (fin)

Heure de prélèvement		3H	3H30	4H	4H30	5H	5H30	6H	Moyenne
pH		-	-	-	-	-	-	-	
DCO (mg O ₂ /l)		369	476	283	193	295	232	197	537
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		108	194	97	65	96	73	53	242
matières en suspension (mg/l)		40,8	46	4,4	23	39	29,6	23,2	128
Bore (mg/l)		1,85	1,70	2,10	1,85	2,20	1,70	1,75	3,20
Phosphates (mg/l)		53	60,5	54,5	39,5	56	51	44,5	58,3
Détergents (mg/l)		15	14,5	11,8	11,5	11,8	10,5	11	22,8
Indice "CH ₂ " (mg/l)		17	14	6,8	7,2	12,8	8,8	6	33,1
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique								
	ac.caprique	0,10	0,04		0,08	0,06	0,04	0,04	0,18
	ac.laurique	0,46	0,24	0,13	0,14	0,29	0,16	0,05	0,99
	ac.myristique	0,76	0,52	0,20	0,28	0,48	0,28	0,23	1,17
	ac.palmitique	3,46	3,22	1,54	2,02	3,26	2,84	2,0	6,28
	ac.stéarique	1,88	1,74	0,90	1,24	1,28	0,09	1,92	4,42
	ac.oléïque	2,60	2,69	0,93	1,60	1,60	1,29	1,98	5,19
	ac.linoléïque	0,38	0,19		0,38	2,35	1,76	0,38	0,96
	ac.linolénique					0,36			0,11
	ac.arachidique								
	ac.totaux	9,6	8,6	3,7	5,7	9,7	6,4	6,6	19,3
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique								
	ac.caprique		0,10						0,10
	ac.laurique		0,12			0,06			0,23
	ac.myristique	0,40	0,17	0,09		0,15	0,09		0,52
	ac.palmitique	1,24	0,82	0,50	0,43	1,29	0,62	0,22	2,18
	ac.stéarique	0,51	0,32	0,37	0,36	0,43	0,31	0,36	1,03
	ac.oléïque	1,63				0,66	0,38		2,18
	ac.linoléïque					0,41	0,23		0,66
	ac.linolénique								
	ac.arachidique								
	ac.totaux	3,8	1,5	0,96	0,79	3	1,6	0,58	6,90
Esters et acides gras totaux (mg/l)		13,4	10,1	4,7	6,5	12,7	8	7,2	26,2

- TABLEAU XIX -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à la sortie
de la station d'épuration d'ARNAS (suite)

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à la sortie
de la station d'épuration d'ARNAS (suite)

Heure de prélèvement		I5H	I5H30	I6H	I6H30	I7H	I7H30	I8H
pH		-	-	-	-	-	-	-
DCO (mg O ₂ /l)		82	92	100	143	92	84	76
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		11	29	62	74	22	18	20
Matières en suspension (mg/l)		20,6	8,8	82,8	29,2	10,4	7,6	8,0
Bore (mg/l)		3,05	2,70	2,90	2,65	2,80	3,05	3,20
Phosphates (mg/l)		47,5	48,5	53	57,5	44,5	46,5	45
Détergents (mg/l)		1,37	1,46	1,52	1,62	1,52	1,52	1,50
Indice "CH ₂ " (mg/l)		0,62	0,58	0,64	0,51	0,88	1,60	0,66
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique							
	ac.laurique							
	ac.myristique						0,04	
	ac.palmitique							
	ac.stéarique							
	ac.oléïque							
	ac.linoléïque							
	ac.linolénique							
	ac.arachidique							
	ac.totaux	néant	néant	néant	néant	néant	0,04	néant
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique							
	ac.laurique							
	ac.myristique			0,25				
	ac.palmitique							
	ac.stéarique							
	ac.oléïque							
	ac.linoléïque							
	ac.linolénique							
	ac.arachidique							
	ac.totaux	néant	néant	0,25	néant	néant	néant	néant
Esters et acides gras totaux (mg/l)		néant	néant	0,25	néant	néant	0,04	néant

- TABLEAU XXXI -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à la sortie
de la station d'épuration d'ARNAS (suite)

Heure de prélèvement		I8H30	I9H	I9H30	20H	20H30	2IH	2IH30
pH		-	-	-	-	-	-	-
DCO (mg O ₂ /l)		72	72	72	I33	86	88	82
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		38	38	25	I3	I2	IO	I2
Matières en suspension (mg/l)		I8	2,4	5,6	7,2	8,4	7,6	6,4
Bore (mg/l)		3,05	3,05	3,05	3,25	3,30	3,I5	3,00
Phosphates (mg/l)		49,5	49	48	47	48	53,5	47,5
Détergents (mg/l)		I,42	I,50	I,52	I,56	I,56	I,62	I,50
Indice "CH ₂ " (mg/l)		0,96	0,60	0,60	0,75	0,90	0,68	0,78
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique							
	ac.laurique							
	ac.myristique	0,04	0,06			0,07		0,09
	ac.palmitique			0,09				
	ac.stéarique							
	ac.oléïque							
	ac.linoléïque							
	ac.linolénique							
	ac.arachidique							
	ac.totaux	0,04	0,06	0,09	néant	0,07	néant	0,09
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique							
	ac.laurique							
	ac.myristique		0,09					
	ac.palmitique		0,30	0,22				
	ac.stéarique							
	ac.oléïque							
	ac.linoléïque							
	ac.linolénique							
	ac.arachidique							
	ac.totaux	néant	0,39	0,22	néant	néant	néant	néant
Esters et acides gras totaux (mg/l)		0,04	0,45	0,3I	néant	0,07	néant	0,09

- TABLEAU XXXII -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à la sortie
de la station d'épuration d'ARNAS (suite)

Heure de prélèvement		22H	22H30	23H	23H30	0H	0H30	IH
pH		-	-	-	-	-	-	-
DCO (mg O ₂ /l)		74	74	74	78	37	78	74
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		40	12	10	2	7,5	5	3
Matières en suspension (mg/l)		4,4	4,0	6,8	5,2	5,2	55,6	2,4
Bore (mg/l)		2,95	2,90	3,45	3,55	3,20	3,70	3,15
Phosphates (mg/l)		47,5	48	47,5	49	49	52	48,5
Détergents (mg/l)		1,41	1,40	1,46	1,42	1,42	1,46	1,42
Indice "CH ₂ " (mg/l)		0,58	0,56	0,60	0,70	0,62	0,58	0,54
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique		0,02					
	ac.laurique							
	ac.myristique	0,04						
	ac.palmitique							
	ac.stéarique							
	ac.oléïque							
	ac.linoléïque							
	ac.linolénique							
	ac.arachidique							
	ac.totaux	0,04	0,02	néant	néant	néant	néant	néant
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique							
	ac.laurique							
	ac.myristique							
	ac.palmitique							
	ac.stéarique		0,11					
	ac.oléïque							
	ac.linoléïque							
	ac.linolénique							
	ac.arachidique							
	ac.totaux	néant	0,11	néant	néant	néant	néant	néant
Esters et acides gras totaux (mg/l)		0,04	0,13	néant	néant	néant	néant	néant

- TABLEAU XXXIII -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à la sortie
de la station d'épuration d'ARNAS (suite)

Heure de prélèvement		1H30	2H	2H30	3H	3H30	4H	4H30
pH		-	-	-	-	-	-	-
DCO (mg O ₂ /l)		78	78	72	76	72	41	70
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		5,5	3	6	7	6	5,5	4
Matières en suspension (mg/l)		4,4	3,2	2,8	0,8	I	30,8	1,6
Bore (mg/l)		2,95	2,95	2,85	2,80	2,90	3,00	3,00
Phosphates (mg/l)		56	47	48	46	45,5	45	47
Détergents (mg/l)		1,60	1,50	1,50	1,32	1,36	1,42	1,42
Indice "CH ₂ " (mg/l)		0,68	0,48	0,48	0,51	0,56	0,56	0,42
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique							
	ac.laurique							0,07
	ac.myristique						0,08	
	ac.palmitique		0,05					
	ac.stéarique							
	ac.oléïque							
	ac.linoléïque							
	ac.linolénique							
	ac.arachidique							
	ac.totaux	néant	0,05	néant	néant	néant	0,08	0,07
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique							
	ac.laurique							
	ac.myristique							
	ac.palmitique							
	ac.stéarique							
	ac.oléïque							
	ac.linoléïque							
	ac.linolénique							
	ac.arachidique							
	ac.totaux	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
Esters et acides gras totaux (mg/l)		néant	0,05	néant	néant	néant	0,08	0,07

- TABLEAU XXXIV -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à la sortie
de la station d'épuration d'ARNAS (fin)

Heure de prélèvement		5H	5H30	6H	6H30	7H	7H30	8H	Moyenne
pH		-	-	-	-	-	-	-	-
DCO (mg O ₂ /l)		72	57	72	70	70	78	78	78,2
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		4,5	5	3	6,5	7	7	8	13,8
matières en suspension (mg/l)		2,4	2,0	0,4	2,8	0,4	0,4	I	8,5
Bore (mg/l)		3,05	2,95	3,05	2,95	2,90	3,20	3,80	3,00
Phosphates (mg/l)		49	47,5	46,5	50	46	46,5	49,5	47,0
Détergents (mg/l)		1,50	1,42	1,46	1,41	1,40	1,42	1,40	1,41
Indice "CH ₂ " (mg/l)		0,51	1,14	0,48	0,54	0,54	0,64	0,51	0,69
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique								
	ac.caprique							0,02	0,001
	ac.laurique								0,001
	ac.myristique							0,04	0,009
	ac.palmitique		0,40	0,11	0,48	0,11	0,25	0,46	0,04
	ac.stéarique		0,21	0,10	0,13				0,009
	ac.oléïque								
	ac.linoléïque								
	ac.linolénique								
	ac.arachidique								
	ac.totaux	néant	0,61	0,21	0,61	0,11	0,25	0,52	0,06
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique								
	ac.caprique								
	ac.laurique								0,005
	ac.myristique								0,002
	ac.palmitique								0,016
	ac.stéarique								
	ac.oléïque								
	ac.linoléïque								
	ac.linolénique								
	ac.arachidique								
	ac.totaux	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	0,023
Esters et acides gras totaux (mg/l)		néant	0,61	0,21	0,61	0,11	0,25	0,52	0,083

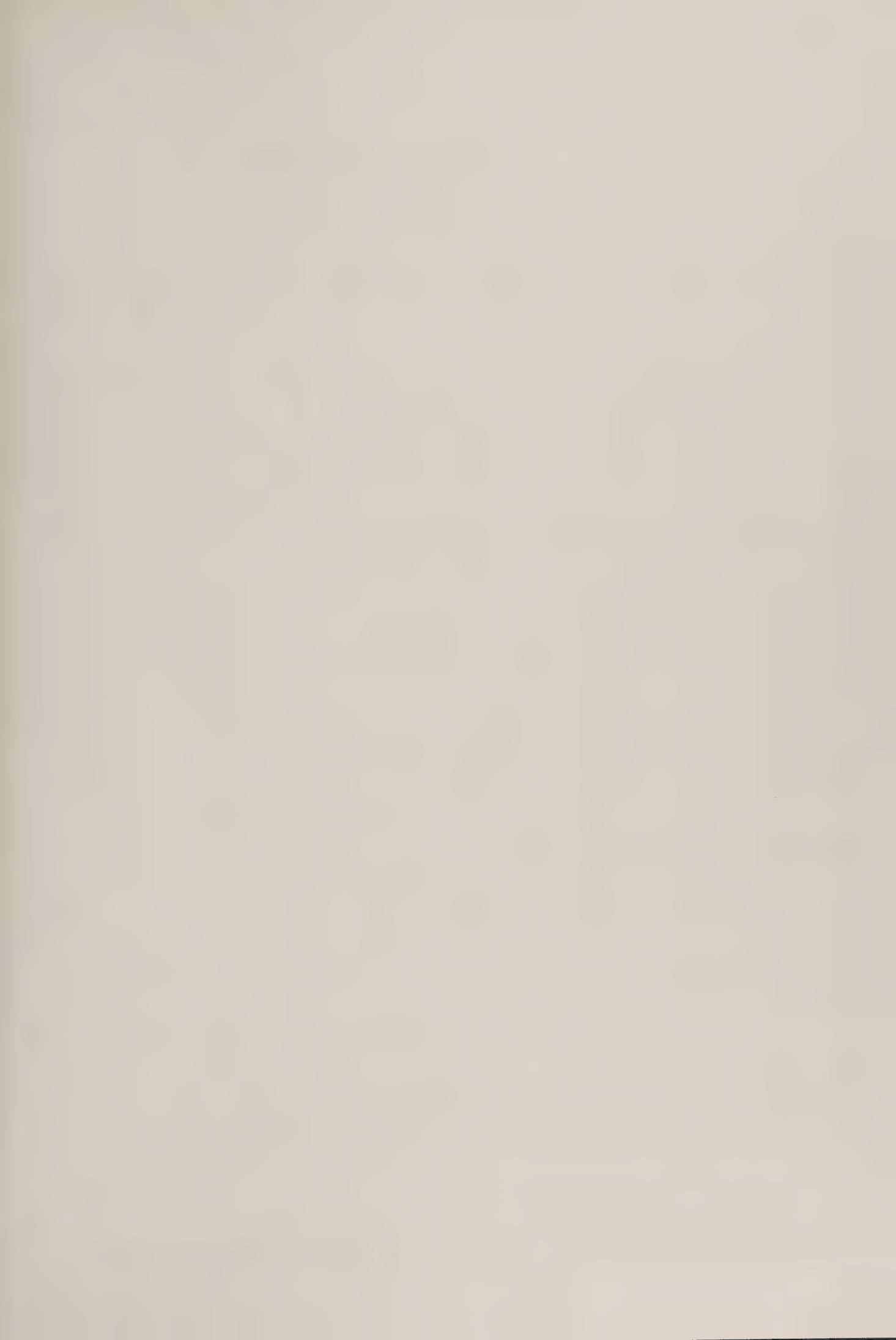
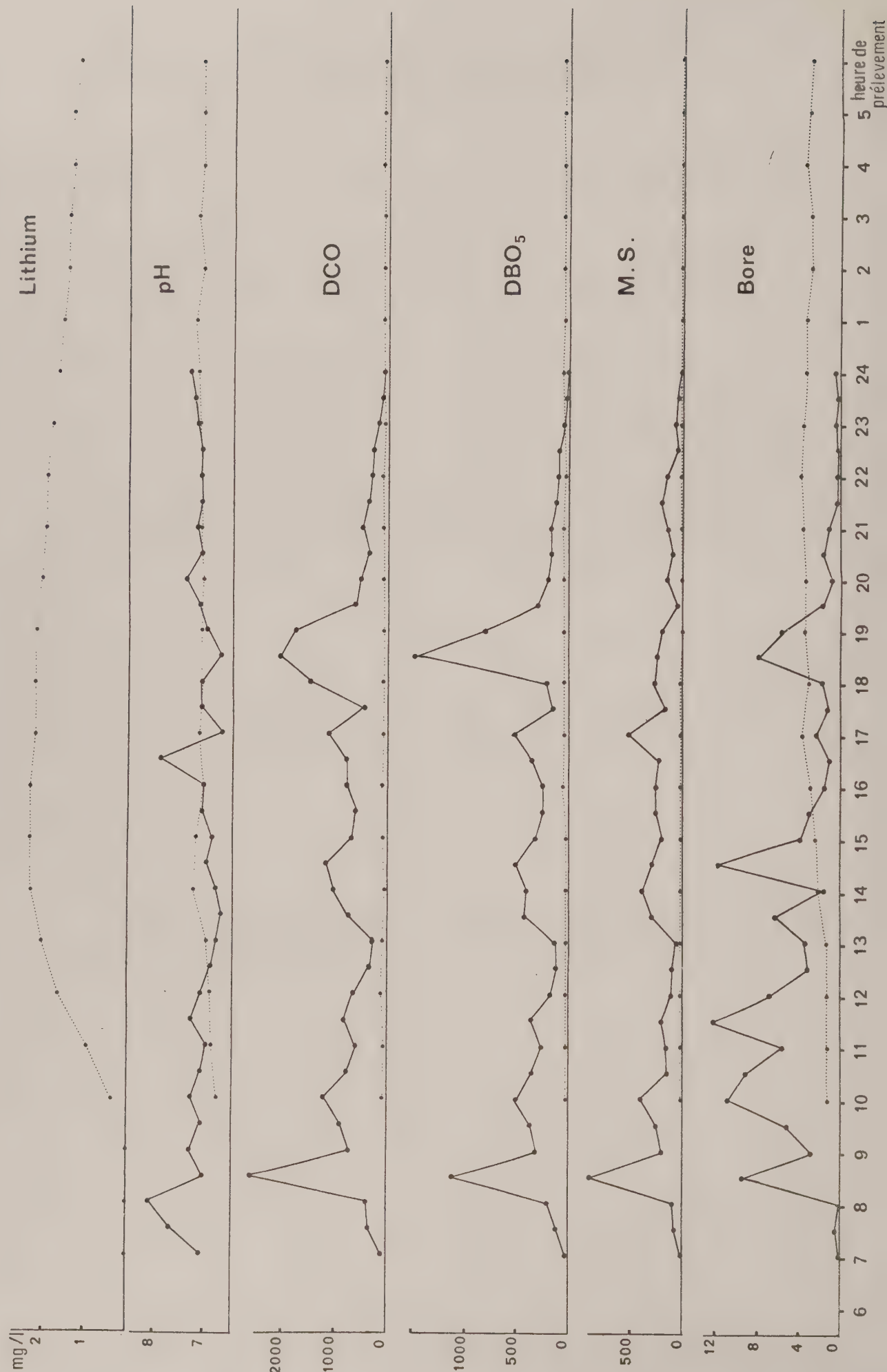


Fig. 31 :

Courbes de dosages de la station d'épuration d'eaux de SAINT-DIDIER-SUR-BEAUJEU

—•— entrée
... sortie



1.5. - Résultats de Saint-Didier :

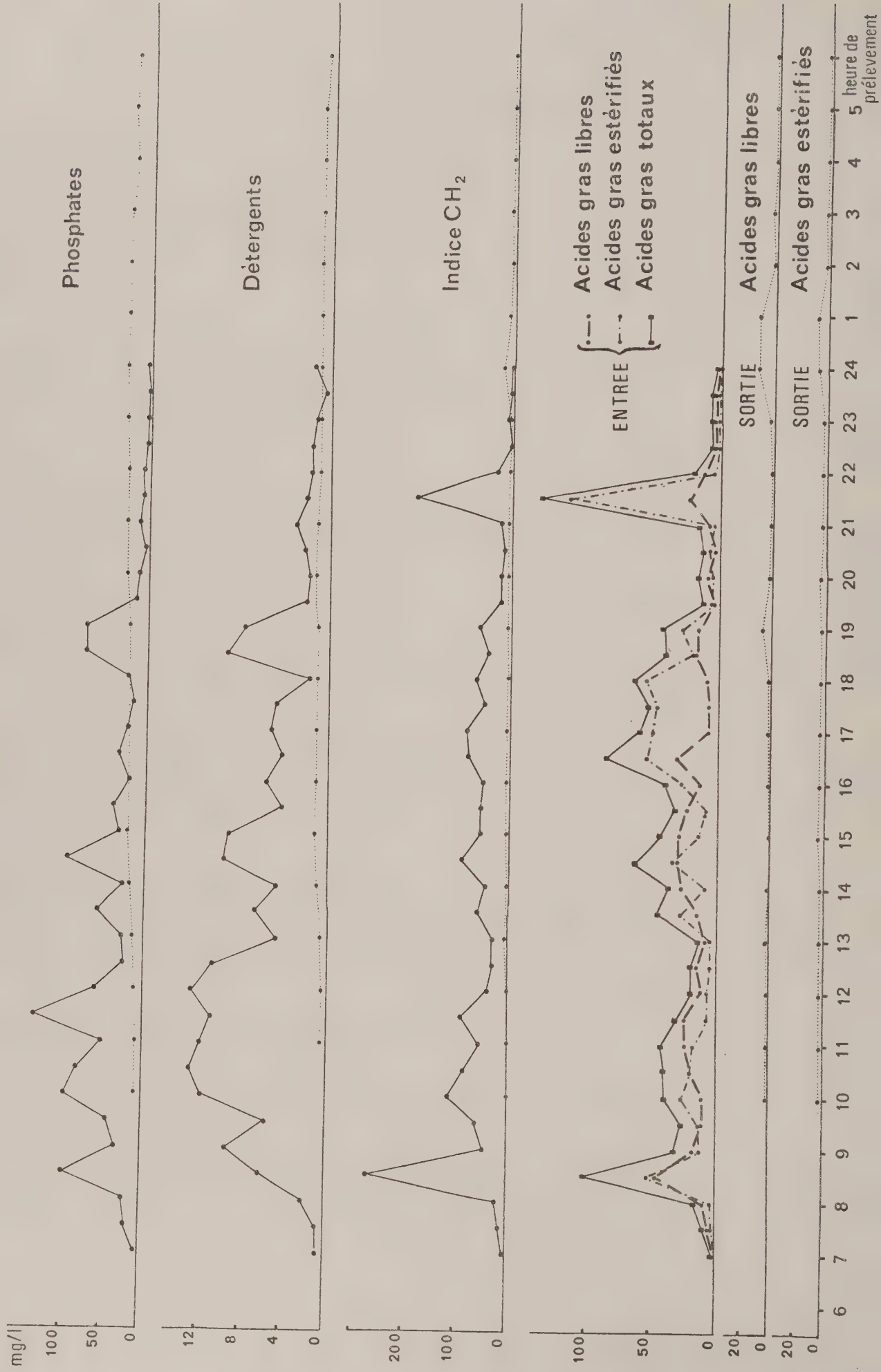
Ils sont rassemblés dans les tableaux XXXV à XXXIX pour l'entrée, XL à XLII pour la sortie, et schématisés par les courbes des figures 31 à 34. Les courbes de sortie ne sont évoquées que si elles présentent une exception à leur régularité.

- pH : moyenne à l'entrée : 7,22, à la sortie : 7,11.
 - . A l'entrée, on peut observer un pic à 8 h., un à 16 h. 30 et un dernier à 20 h. Le pH reste toujours très proche de la neutralité.
- DCO : moyenne à l'entrée : 761 mg/l, à la sortie : 106 mg/l.
 - . Les principaux rejets de l'entrée se retrouvent à 8 h. 30, 10 h., 14 h., 14 h. 30, 17 h. (très légèrement), puis de 18 h. à 19 h.
- DBO₅ : moyenne à l'entrée : 316 mg/l, à la sortie : 35 mg/l.
 - . A l'entrée, la courbe est parallèle à celle de la DCO.
- M.S. : moyenne à l'entrée : 198 mg/l, à la sortie : 13,8 mg/l.
 - . La courbe, à l'entrée, est parallèle à celles de la DCO et de la DBO₅. Cependant, le plateau de 18 h. à 19 h. est supprimé et un autre apparaît de 21 h. à 22 h.
- BORE : moyenne à l'entrée : 3,55 mg/l, à la sortie : 2,70 mg/l.
 - . Comme dans les autres stations, on observe à l'entrée de nombreux pics : à 8 h. 30, 10 h., 11 h. 30, 13 h. 30, 14 h. 30 et de 18 h. 30 à 19 h.
- PHOSPHATES : moyenne à l'entrée : 40,1 mg/l, à la sortie : 25,1 mg/l.
 - . La courbe, à l'entrée, est bien parallèle à celle du bore.
- DETERGENTS : moyenne à l'entrée : 5,8 mg/l, à la sortie : 1,08 mg/l.
 - . A l'entrée, la courbe est assez parallèle à celles du bore et des phosphates. On observe une petite différence : les taux les plus importants sont retrouvés le matin, dans un plateau qui se situe de 10 h. à 12 h. 30.

Fig. 32 :

Courbes de dosages de la station d'épuration d'eaux de SAINT-DIDIER-SUR-BEAUJEU (suite)

—•— entrée
... sortie



- INDICE CH_2 : moyenne à l'entrée : 54,8 mg/l, à la sortie : 5,5 mg/l.

. La courbe, à l'entrée, présente deux pics particulièrement nets et importants : 8 h. 30 et 21 h. 30.

	moyenne	
	à l'entrée (mg/l)	à la sortie (mg/l)
AGL.....	15,1	2,67
AGE.....	20,2	1,79
AG totaux..	35,3	4,46

- . Le nombre des acides gras totaux, à l'entrée, montre, outre les deux pics déjà mis en évidence dans la courbe de l'indice CH_2 , un plateau de 10 h. à 11 h. et un autre plus important de 13 h. 30 à 19 h. 30 avec des pics à 14 h. 30, 16 h. 30 et 18 h. On trouve à peu près autant d'AGE que d'AGL, sauf à 21 h. 30 et lors du second plateau à partir de 16 h. où les AGE sont en plus grande quantité.
- . A la sortie, on trouve surtout des AGL à 19 h. et entre 23 h. et 2 h., constitués, par ordre d'importance relative, de C18 : 1, C16 et C18.
- . Les acides gras libres, à l'entrée, apparaissent surtout le matin à 8 h. 30, et de 13 h. à 16 h. Ils sont constitués de C16, C18 et C18 : 1, à parts à peu près égales. On trouve aussi C18 : 2 en quantité moindre. La courbe de cet acide présente un pic particulièrement élevé à 11 h.
- . Les acides gras estérifiés prennent la relève des libres le soir. Ainsi, par exemple, l'acide arachidique se trouve sous forme libre surtout le matin. Les AGE sont constitués, par ordre d'importance relative, de C18 : 1, C16 et C18. On trouve, à un degré bien moindre, C18 : 2, C14 et C20.

D'après les résultats, l'effluent rejeté par la station est conforme aux normes de rejets données par la circulaire du 10.06.1976 exposées dans le tableau I (page 15).

Les prélèvements les plus représentatifs de la moyenne, déterminés comme dans les autres stations, ont été effectués :

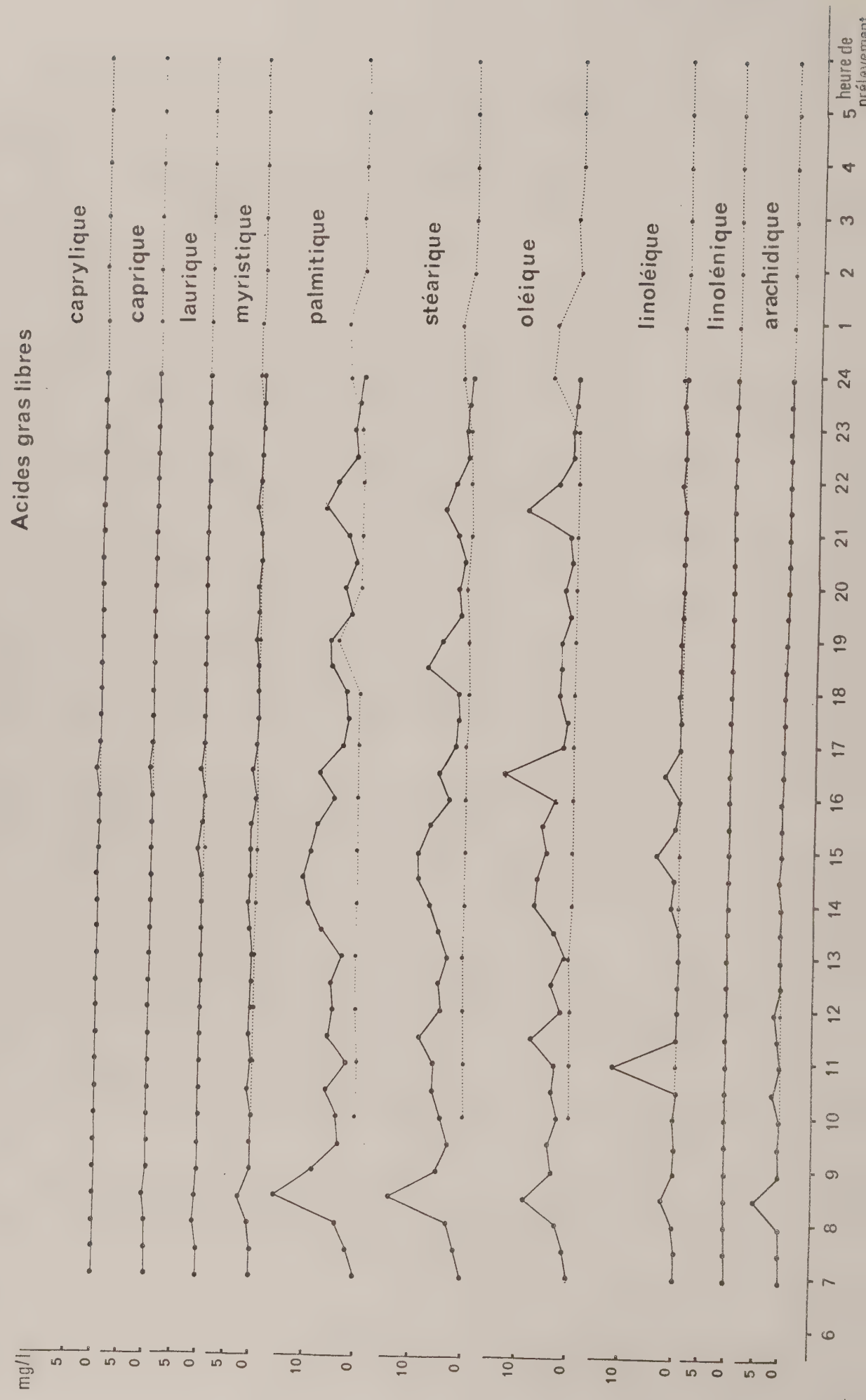
- à l'entrée : à 9 h. et 15 h. 30 (figure 35),
- à la sortie : à 18 h., 3 h., 20 h., 16 h. et 17 h. (figure 36),

au prorata du nombre de paramètres significatifs correspondant au nombre de points.

Fig. 33 :

Courbes de dosages de la station d'épuration d'eaux de SAINT-DIDIER-SUR-BEAUJEU (suite)

—•— entrée
... sortie



Légende*

Fig. 35 : Détermination du meilleur moment de prélèvement pour connaître la moyenne à l'entrée de la station de S^t-DIDIER

paramètre	m-10%	m+10%
moyenne	m-20%	m+20%

pH	7,12	7,32
7,22	7,02	7,42

DCO	685	837
761	609	913

DBO ₅	284	348
316	253	379

M.S.	178	218
198	158	238

Bore	3,20	3,90
3,55	2,84	4,26

Phosphates	36,1	44,1
40,1	32,1	48,1

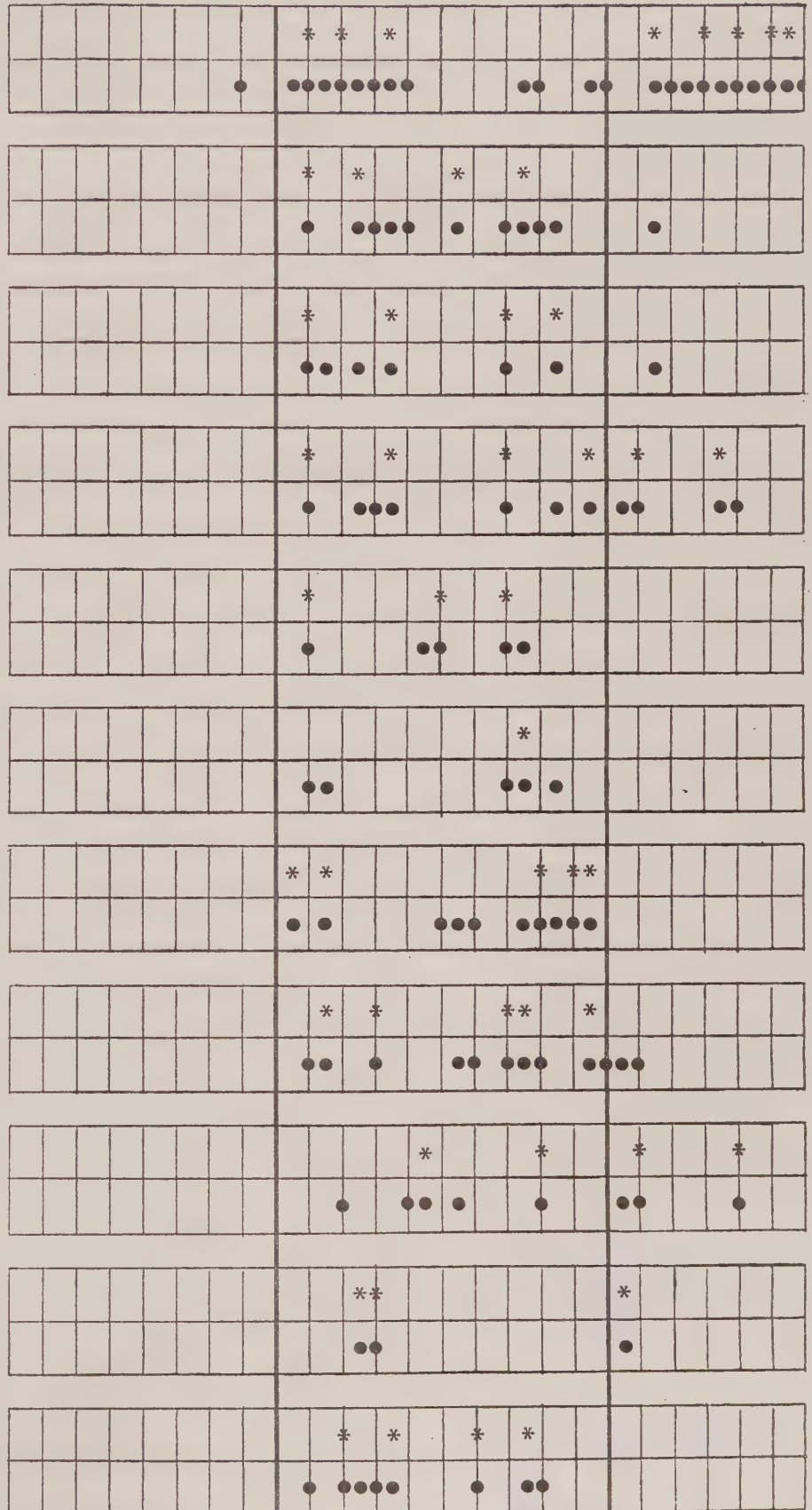
Détergents	5,22	6,38
5,8	4,64	6,96

Indice "CH ₂ "	49,3	60,3
54,8	43,8	65,8

A.G.L.	13,6	16,6
15,1	12,1	18,1

A.G.E.	18,2	22,2
20,2	16,2	24,2

A.G.tot.	31,8	38,8
35,3	28,2	42,4



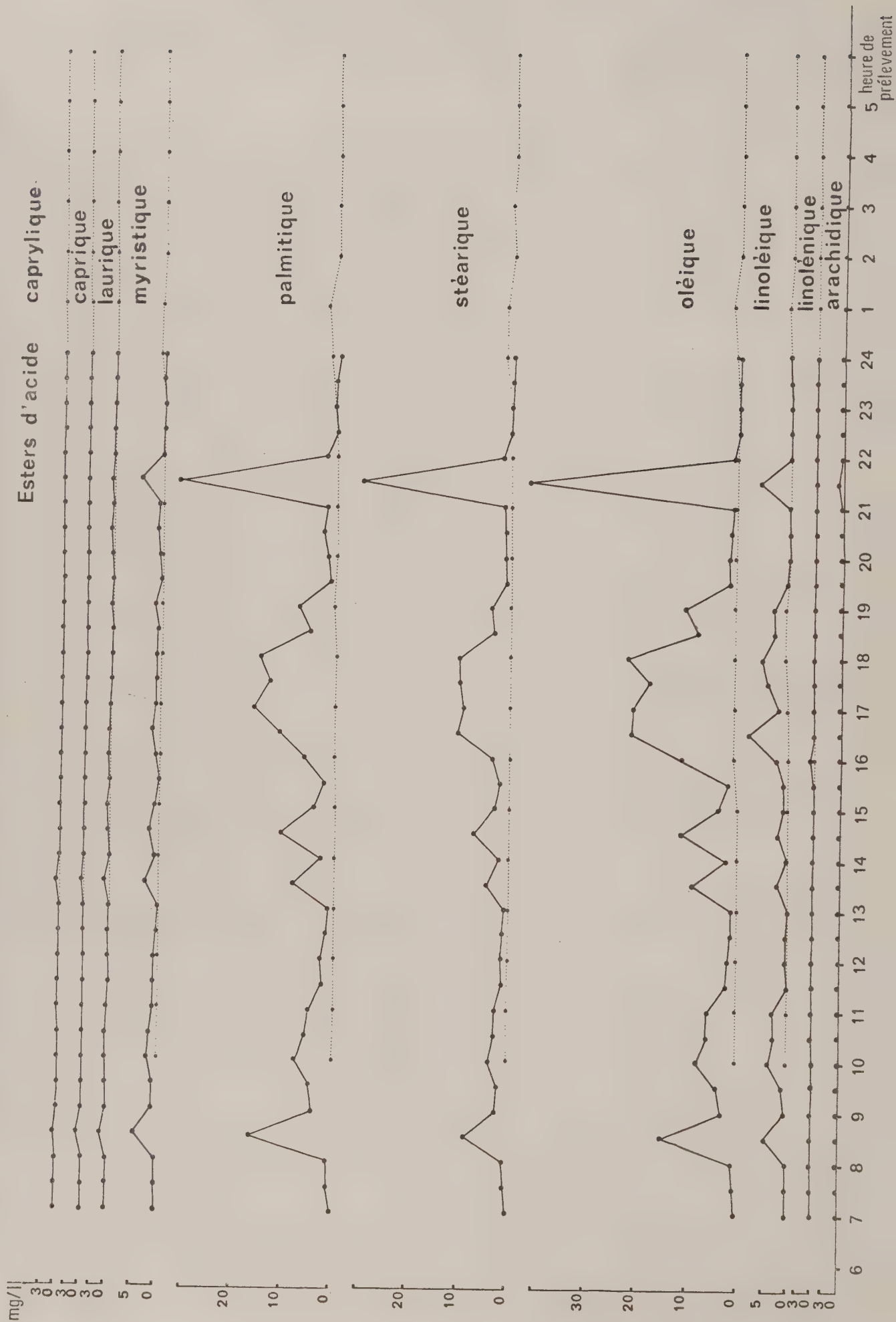
Heure

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

* sauf pH pour lequel on choisit m-0,1 U, m+0,1 U, m-0,2 U, m+0,2 U

Fig. 34 :

Courbes de dosages de la station d'épuration d'eaux de SAINT-DIDIER-SUR-BEAUJEU (fin)



Légende *

Fig. 36 : Détermination du meilleur moment de prélèvement pour connaître la moyenne à la sortie de la station de S^tDIDIER

paramètre	m-10%	m+10%
moyenne	m-20%	m+20%

pH	7,01	7,21
7,11	6,91	7,31

DCO	96	116
106	85	127

DBO ₅	31,5	38,5
35	28	42

M.S.	12,4	15,2
13,8	11,0	16,6

Bore	2,4	3,0
2,70	2,1	3,3

Phosphates	22,6	27,6
25,1	20,1	30,1

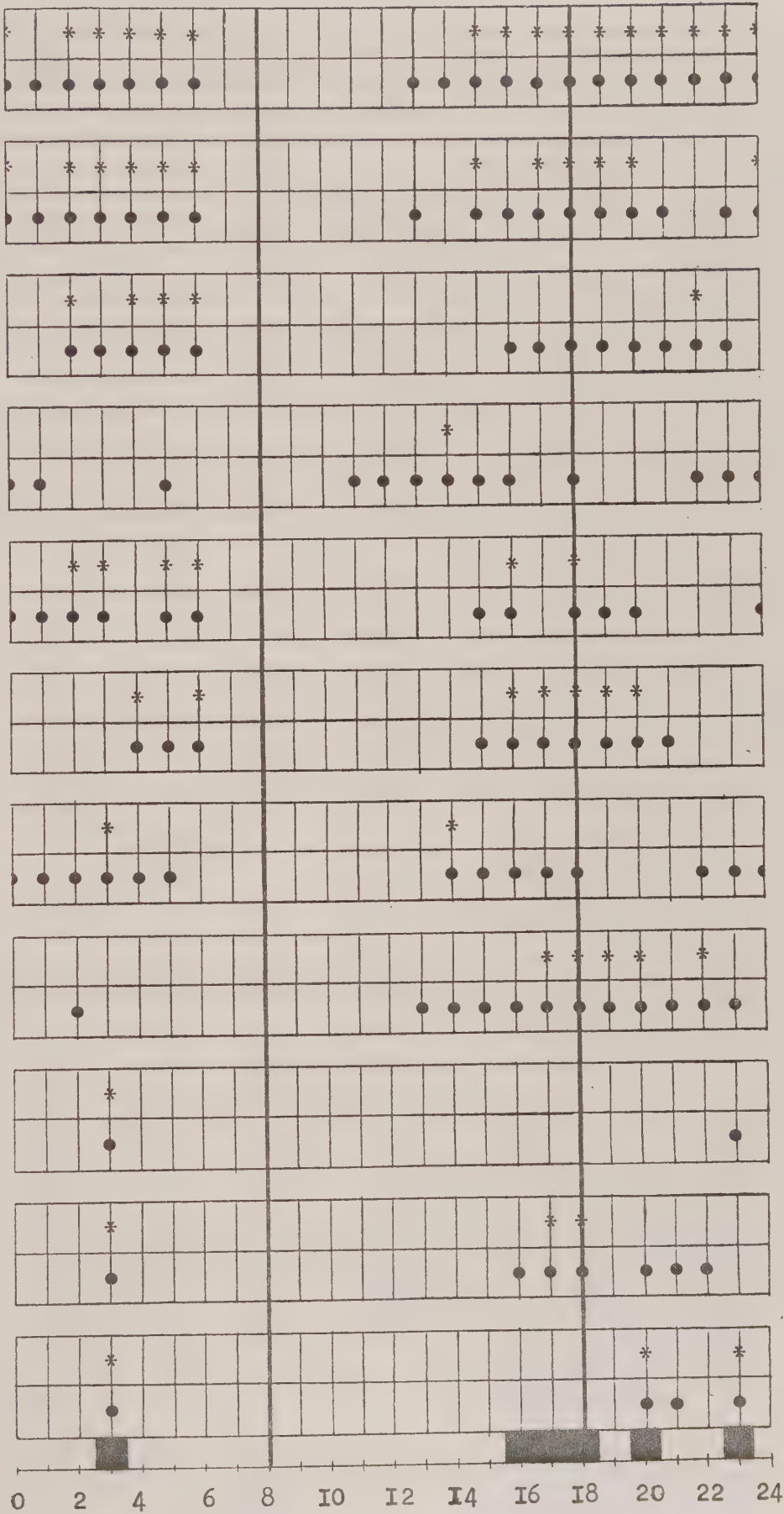
Détergents	0,97	1,19
1,08	0,86	1,30

Indice "CH ₂ "	5	6
5,5	4,4	6,6

A.G.L.	2,40	2,94
2,67	2,14	3,20

A.G.E.	1,61	1,97
1,79	1,43	2,15

A.G.tot.	4,01	4,91
4,46	3,57	5,35



* sauf pH pour lequel on choisit m-0,1 U, m+0,1 U, m-0,2 U, m+0,2 U

- TABLEAU XXXV -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à l'entrée
de la station d'épuration de SAINT-DIDIER

Heure de prélèvement		7H	7H30	8H	8H30	9H	9H30	10H
pH		7,1	7,7	8,1	7,05	7,3	7,1	7,3
DCO (mg O ₂ /l)		86	337	419	2650	768	920	1255
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		25	120	206	1120	324	372	510
Matières en suspension (mg/l)		13	65	90	889	198	240	380
Bore (mg/l)		0,08	0,36	0,0	9,4	3,8	6,2	10,8
Phosphates (mg/l)		6,2	21,2	25,2	102	35	45	102
Détergents (mg/l)		0,62	0,80	2,20	6,2	9,5	5,8	12
Indice "CH ₂ " (mg/l)		4,7	13,8	22,5	272	45	60	117
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique			0,05	0,12		0,02	0,05
	ac.caprique		0,005	0,06	0,28	0,04	0,05	0,09
	ac.laurique	0,02	0,09	0,68	0,49	0,23	0,30	0,36
	ac.myristique	0,07	0,22	0,75	2,58	0,62	0,48	0,52
	ac.palmitique	0,61	2,21	4,05	15,8	8,66	3,78	3,92
	ac.stéarique	0,49	1,78	3,29	13,8	5,07	3,22	4,44
	ac.oléique	0,34	1,00	2,54	8,34	3,31	3,92	2,43
	ac.linoléique			0,32	2,33	0,77		0,50
	ac.linolénique			0,05				
	ac.arachidique				4,74			
	ac.totaux	1,53	5,30	11,8	48,5	18,7	11,8	12,3
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique				0,30	0,14	0,13	
	ac.caprique		0,04	0,06	0,78	0,27	0,24	0,36
	ac.laurique	0,01	0,08	0,13	1,14	0,38	0,44	0,62
	ac.myristique	0,05	0,27	0,35	4,64	1,29	1,32	2,18
	ac.palmitique	0,31	1,04	1,24	16,7	4,28	4,75	7,70
	ac.stéarique	0,18	0,58	0,72	8,99	2,35	2,16	3,82
	ac.oléique	0,26	0,89	0,99	15,0	3,05	3,83	7,88
	ac.linoléique		0,14	0,17	4,27	0,61	1,03	3,86
	ac.linolénique				0,02			
	ac.arachidique				0,01	0,01	0,03	0,005
	ac.totaux	0,81	3,04	3,66	51,8	12,4	13,9	26,4
Esters et acides gras totaux (mg/l)		2,34	8,34	15,5	100,3	31,1	25,7	38,7

- TABLEAU XXXVI -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à l'entrée
de la station d'épuration de SAINT-DIDIER (suite)

Heure de prélèvement		IOH30	IIH	IIH30	I2H	I2H30	I3H	I3H30
pH		7,1	7,0	7,3	7,1	6,9	6,8	6,7
DCO (mg O ₂ /l)		814	624	846	632	366	302	760
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		356	240	344	174	133	127	416
Matières en suspension (mg/l)		163	160	189	110	98	34	308
Bore (mg/l)		8,9	5,6	12,2	6,7	2,9	3,2	6,2
Phosphates (mg/l)		86	56	142	66	27,6	30	58
Détergents (mg/l)		13	12	11	13	11	5	7
Indice "CH ₂ " (mg/l)		84	56	88	42	28	28	61
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique					0,02		
	ac.caprique	0,09		0,08	0,01	0,02	0,02	0,07
	ac.laurique	0,39	0,16	0,36	0,24	0,22	0,21	0,29
	ac.myristique	1,02	0,33	1,06	0,58	0,63	0,48	0,90
	ac.palmitique	6,14	2,63	6,24	4,82	5,47	3,60	7,16
	ac.stéarique	5,80	6,06	8,48	4,36	4,98	3,42	5,09
	ac.oléïque	3,70	3,15	7,54	1,98	3,76	1,70	3,51
	ac.linoléïque		11,8				0,01	0,01
	ac.linolénique							
	ac.arachidique	1,55		0,51	1,11	0,14	0,16	0,13
	ac.totaux	18,7	24,1	24,3	13,1	15,2	9,60	17,2
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique		0,04		0,03	0,04	0,02	0,28
	ac.caprique	0,27	0,20	0,08	0,14	0,09	0,08	0,56
	ac.laurique	0,60	0,39	0,18	0,25	0,16	0,12	0,78
	ac.myristique	1,76	1,21	0,89	0,80	0,52	0,45	2,74
	ac.palmitique	5,81	5,00	2,68	2,72	1,84	1,62	8,64
	ac.stéarique	2,82	2,48	1,38	1,32	1,01	0,83	4,64
	ac.oléïque	6,18	5,89	2,33	2,03	1,39	1,35	9,03
	ac.linoléïque	2,80	3,01		0,45	0,31		2,16
	ac.linolénique							0,02
	ac.arachidique	0,05	0,02				0,02	
	ac.totaux	20,3	18,2	7,54	7,75	5,36	4,49	28,8
Esters et acides gras totaux (mg/l)		39,0	42,3	31,8	20,8	20,6	14,1	46,0

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à l'entrée
de la station d'épuration de SAINT-DIDIER (suite)

Heure de prélèvement		I4H	I4H30	I5H	I5H30	I6H	I6H30	I7H
pH		6,8	7,0	6,9	7,1	7,1	7,9	6,7
DCO (mg O ₂ /l)		1064	1186	690	670	818	826	1166
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		408	516	316	244	252	336	532
Matières en suspension (mg/l)		390	292	198	255	244	226	529
Bore (mg/l)		1,64	11,8	3,8	3,0	1,56	1,04	2,24
Phosphates (mg/l)		29	100	34	43	25,6	36	26,8
Détergents (mg/l)		5	10	9,5	4,6	6	4,8	5,8
Indice "CH ₂ " (mg/l)		47	90	55	53	49	80	82
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique		0,22	0,10		0,08	0,34	
	ac.caprique	0,06	0,12	0,12	0,07	0,06	0,20	
	ac.laurique	0,37	0,42	0,76	0,62	0,33	0,58	0,22
	ac.myristique	1,36	1,12	1,10	1,17	0,68	0,95	0,25
	ac.palmitique	10,2	11,0	9,4	8,58	5,42	8,00	3,34
	ac.stéarique	6,99	8,79	9,11	6,96	3,66	5,58	2,32
	ac.oléïque	7,24	6,78	5,30	5,94	3,38	13,4	2,20
	ac.linoléïque	1,52	1,03	4,50	0,91		3,12	0,01
	ac.linolénique							
	ac.arachidique		0,85					0,005
	ac.totaux	27,7	30,3	30,4	24,2	13,6	32,2	8,34
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique		0,13	0,10		0,15	0,11	0,16
	ac.caprique	0,14	0,32	0,21	0,05	0,20	0,26	0,13
	ac.laurique	0,30	0,53	0,38	0,15	0,46	0,48	0,37
	ac.myristique	0,87	1,94	1,10	0,49	1,12	1,85	1,33
	ac.palmitique	3,13	11,0	4,53	2,62	6,48	11,4	16,7
	ac.stéarique	2,03	6,86	2,89	1,80	3,31	10,5	9,56
	ac.oléïque	2,44	11,3	3,90	2,28	11,5	21,5	21,3
	ac.linoléïque	0,62	2,17	0,87	1,06	2,37	8,05	1,82
	ac.linolénique		0,005			0,19	0,13	
	ac.arachidique						0,005	
	ac.totaux	9,53	34,2	14,0	8,45	25,8	54,3	51,4
Esters et acides gras totaux (mg/l)		37,2	64,5	44,4	32,6	39,4	86,5	59,7

- TABLEAU XXXVIII -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à l'entrée
de la station d'épuration de SAINT-DIDIER (suite)

Heure de prélèvement		I7H30	I8H	I8H30	I9H	I9H30	20H	20H30
pH		7,I	7,I	6,75	7,0	7,I5	7,4	7,I
DCO (mg O ₂ /l)		432	I508	2I00	I770	64I	536	4I4
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		I42	224	I520	800	300	I88	I76
Matières en suspension (mg/l)		I79	269	237	I99	62	I48	88
Bore (mg/l)		I,20	I,72	7,9	5,6	I,56	0,68	I,60
Phosphates (mg/l)		20	25,6	82	82	I8	I6	7,2
Détergents (mg/l)		5,2	2	I0	8,6	2,4	2,2	2,8
Indice "CH ₂ " (mg/l)		5I	66	45	59	20	2I	I6
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique				0,02			
	ac.caprique		0,02		0,05	0,0I	0,04	0,02
	ac.laurique	0,07	0,I5		0,22	0,09	0,29	0,08
	ac.myristique	0,26	0,29	0,48	0,63	0,26	0,48	0,2I
	ac.palmitique	2,7I	3,I I	6,22	6,I6	2,37	3,34	I,6I
	ac.stéarique	2,22	2,34	8,24	5,56	2,04	2,82	I,37
	ac.oléïque	I,54	2,99	2,7I	2,86	I,45	2,68	I,08
	ac.linoléïque	0,I3	0,55	0,46	0,5I	0,I9	0,30	0,005
	ac.linolénique							
	ac.arachidique	0,I8					0,05	0,005
ac.totaux		7,II	9,45	I8,I	I6,0	6,4I	I0,0	4,38
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique							0,08
	ac.caprique	0,07	0,I0	0,09	0,23	0,04	0,07	0,20
	ac.laurique	0,20	0,2I	0,I8	0,4I	0,08	0,I2	0,28
	ac.myristique	0,94	I,I2	0,66	I,39	0,27	0,44	0,9I
	ac.palmitique	I3,6	I5,4	5,36	7,59	I,68	2,26	2,86
	ac.stéarique	9,95	I0,6	3,48	3,92	0,99	I,42	I,40
	ac.oléïque	I8,2	22,3	8,28	I0,8	2,0I	I,98	2,07
	ac.linoléïque	4,20	5,56	2,98	3,2I	0,46	0,22	
	ac.linolénique			0,03				
	ac.arachidique	0,0I		0,04				
ac.totaux		47,2	55,3	2I,I	27,6	5,53	6,5I	7,80
Esters et acides gras totaux (mg/l)		54,3	64,8	39,2	43,6	II,9	I6,5	I2,2

- TABLEAU XXXIX -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à l'entrée
de la station d'épuration de SAINT-DIDIER (fin)

Heure de prélèvement		2IH	2IH30	22H	22H30	23H	23H30	OH	Moyenne
pH		7,2	7,1	7,15	7,1	7,2	7,25	7,35	7,22
DCO (mg O ₂ /l)		530	428	332	292	218	148	101	761
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		172	132	109	111	49	30	25	316
matières (en suspen- sion (mg/l))		147	192	158	67	72	42	10	198
Bore (mg/l)		1,12	0,28	0,16	0,16	0,36	0,16	0,36	3,55
Phosphates (mg/l)		14,8	9,6	8,6	6,4	6,2	5,0	6,8	40,1
Détergents (mg/l)		3,4	2,4	2,0	2,0	1,6	0,8	1,8	5,8
Indice "CH ₂ " (mg/l)		21	187	28	6,0	10,2	7	2,8	54,8
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique			0,04					0,03
	ac.caprique	0,05		0,03					0,05
	ac.laurique	0,17	0,29		0,06	0,05	0,02	0,04	0,25
	ac.myristique	0,38	0,95	0,60	0,19	0,24	0,14	0,07	0,63
	ac.palmitique	2,92	7,66	5,16	1,56	2,07	1,23	0,57	5,08
	ac.stéarique	2,67	5,01	3,38	1,08	1,32	0,93	0,50	4,38
	ac.oléique	1,63	9,70	4,06	1,23	1,25	0,92	0,33	3,60
	ac.linoléique	0,005		0,51			0,27	0,005	0,85
	ac.linolénique								0,001
	ac.arachidique	0,26		0,10					0,28
	ac.totaux	8,08	23,6	13,9	4,12	4,93	3,51	1,51	15,1
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique								0,05
	ac.caprique	0,11	0,15	0,03			0,02		0,16
	ac.laurique	0,23	0,36	0,06	0,02	0,02	0,04		0,29
	ac.myristique	0,62	4,31	0,37	0,10	0,10	0,17	0,02	1,10
	ac.palmitique	2,55	31,8	2,30	0,58	0,81	0,71	0,13	5,94
	ac.stéarique	1,44	29,7	1,89	0,38	0,54	0,47	0,09	3,90
	ac.oléique	1,55	41,7	1,48	0,30	0,55	0,50	0,14	7,03
	ac.linoléique	0,01	6,03		0,05			0,07	1,67
	ac.linolénique		0,02						0,01
	ac.arachidique		0,14						0,01
	ac.totaux	6,51	114,2	6,13	1,43	2,02	1,91	0,45	20,2
Esters et acides gras totaux (mg/l)		14,6	137,8	20,0	5,55	6,95	5,42	1,96	35,3

- TABLEAU XL -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à la sortie
de la station d'épuration de SAINT-DIDIER

Heure de prélèvement		IOH	IIH	I2H	I3H	I4H	I5H	I6H
pH		6,8	6,9	6,95	7,0	7,25	7,2	7,1
DCO (mg O ₂ /l)		84	68	123	76	90	101	123
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		22	23	24	26	18	25	44
Matières en suspension (mg/l)		10	12	11	15	13	11	11
Bore (mg/l)		1,2	1,28	1,2	1,2	1,96	2,32	2,64
Phosphates (mg/l)		10,2	11,0	13	15	19,4	22,4	25,2
Détergents (mg/l)		0,49	0,52	0,63	0,80	1,1	1,3	1,2
Indice "CH ₂ " (mg/l)		1,36	1,76	3,52	4,7	3,5	4,5	4,5
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique							
	ac.laurique				0,005			
	ac.myristique	0,02	0,01	0,04	0,07	0,04	0,05	0,05
	ac.palmitique	0,17	0,21	0,44	0,79	0,50	0,59	0,60
	ac.stéarique	0,16	0,21	0,44	0,61	0,52	0,61	0,60
	ac.oléïque	0,08	0,07	0,18	0,57	0,12	0,16	0,20
	ac.linoléïque			0,03	0,01			
	ac.linolénique							
	ac.arachidique							
ac.totaux		0,43	0,50	1,13	2,05	1,18	1,41	1,45
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique				0,02	0,01	0,005	0,02
	ac.laurique		0,005					
	ac.myristique	0,03	0,03	0,06	0,09	0,10	0,06	0,11
	ac.palmitique	0,14	0,15	0,29	0,26	0,25	0,22	0,43
	ac.stéarique	0,05	0,06	0,14	0,13	0,10	0,08	0,22
	ac.oléïque	0,32	0,29	0,44	0,32	0,35	0,31	0,61
	ac.linoléïque		0,03	0,24		0,01	0,13	0,24
	ac.linolénique							
	ac.arachidique							
ac.totaux		0,54	0,56	1,17	0,82	0,82	0,80	1,63
Esters et acides gras totaux (mg/l)		0,97	1,06	2,30	2,87	2,00	2,21	3,08

- TABLEAU XLI -

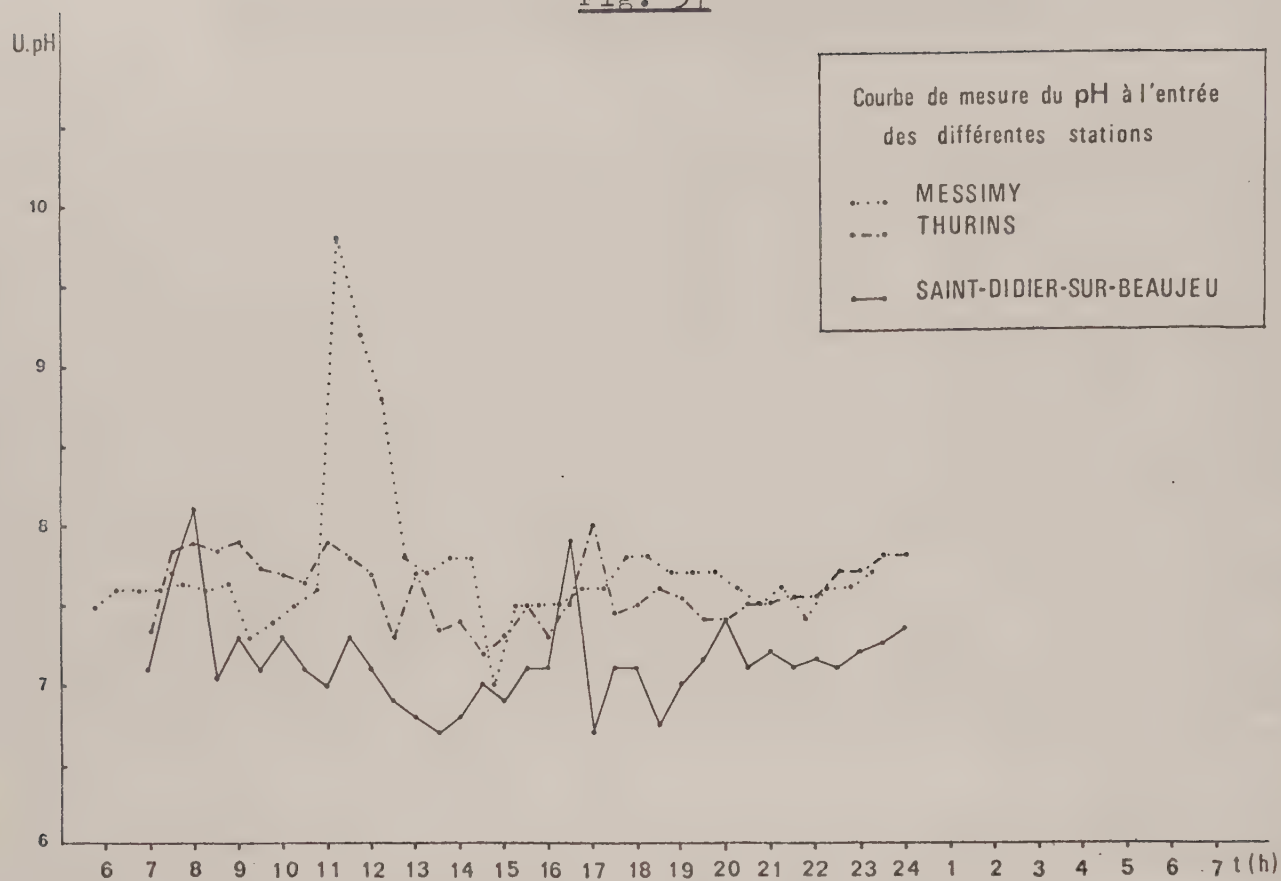
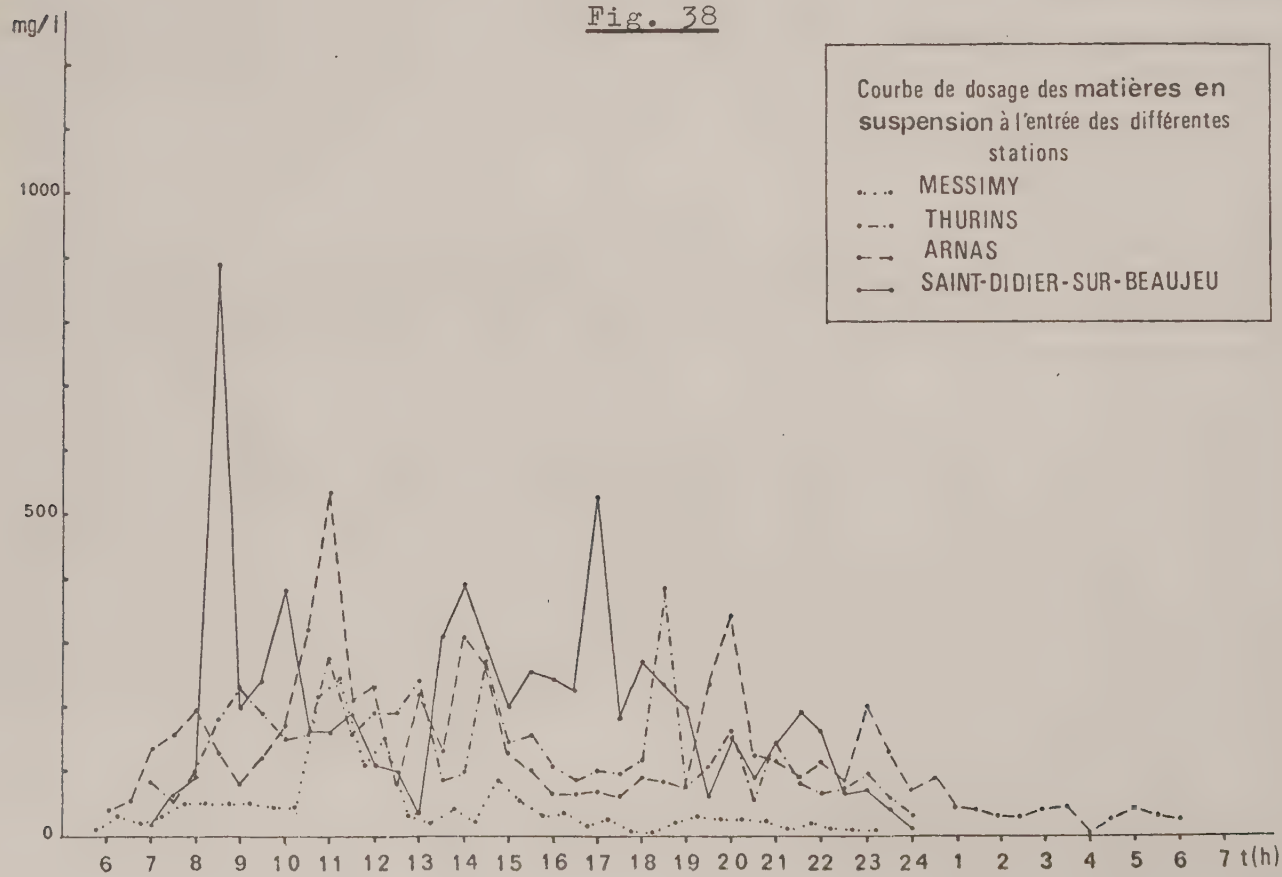
Résultats d'analyses d'eaux prélevées à la sortie
de la station d'épuration de SAINT-DIDIER (suite)

Heure de prélèvement		I7H	I8H	I9H	20H	21H	22H	23H
pH		7,15	7,1	7,1	7,1	7,15	7,1	7,15
DCO (mg O ₂ /l)		103	107	105	111	123	131	121
DBO ₅ (mg O ₂ /l)		40	42	39	42	42	33	42
Matières en suspension (mg/l)		10	17	10	7	17	16	11
Bore (mg/l)		3,52	3,00	3,28	3,28	3,44	3,68	3,44
Phosphates (mg/l)		26,0	27,6	27,0	30	30	31	32
Détergents (mg/l)		1,25	1,25	1,32	1,44	1,38	1,20	1,20
Indice "CH ₂ " (mg/l)		5,3	5,1	5,3	5,7	6,1	5,5	6,6
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique							
	ac.laurique							
	ac.myristique	0,06	0,06	0,88	0,07	0,05	0,05	0,09
	ac.palmitique	0,70	0,32	4,64	0,84	0,64	0,58	0,92
	ac.stéarique	0,72	0,26	0,56	0,91	0,63	0,60	0,78
	ac.oléïque	0,13	0,03	0,06	0,23	0,25	0,16	0,34
	ac.linoléïque							
	ac.linolénique							
	ac.arachidique							
ac.totaux		1,61	0,67	6,14	2,05	1,57	1,39	2,13
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique							
	ac.caprique	0,005			0,01	0,005		0,13
	ac.laurique						0,02	0,04
	ac.myristique	0,09	0,08	0,12	0,14	0,12	0,10	0,19
	ac.palmitique	0,37	0,40	0,79	0,47	0,53	0,50	0,69
	ac.stéarique	0,17	0,18	0,23	0,22	0,26	0,24	0,36
	ac.oléïque	0,62	0,74	0,85	0,77	0,84	0,64	0,74
	ac.linoléïque	0,29	0,40	0,32	0,37	0,35		0,04
	ac.linolénique	0,03			0,01			
	ac.arachidique							
ac.totaux		1,57	1,80	2,31	1,98	2,10	1,50	2,19
Esters et acides gras totaux (mg/l)		3,18	2,47	8,45	4,03	3,67	2,89	4,32

- TABLEAU XLII -

Résultats d'analyses d'eaux prélevées à la sortie
de la station d'épuration de SAINT-DIDIER (fin)

Heure de prélèvement		OH	IH	2H	3H	4H	5H	6H	Moyenne
pH		7,2	7,25	7,1	7,2	7,1	7,1	7,1	7,11
DCO (mg O ₂ /l)		III	II7	III	II5	IOI	IOI	IOI	IO6
DBO5 (mg O ₂ /l)		44	45	37	40	38	36	33	35
matières en suspen- sion (mg/l)		I4	I5	I8	I8	I9	I6	20	I3,8
Bore (mg/l)		3,28	3,20	2,84	2,92	3,36	2,92	2,72	2,70
Phosphates (mg/l)		34	33	32	30	26	28	24	25,1
Détergents (mg/l)		I,20	I,25	I,25	I,14	0,96	0,96	0,75	I,08
Indice "CH ₂ " (mg/l)		I8,6	IO,5	4,9	7,0	4,2	3,8	3,3	5,5
Acides gras libres (mg/l)	ac.caprylique								
	ac.caprique								
	ac.laurique	0,I4	0,I0		0,0I		0,005		0,0I
	ac.myristique	0,89	0,74	0,07	0,II	0,05	0,06	0,05	0,I7
	ac.palmitique	3,I0	3,42	0,69	0,93	0,5I	0,58	0,53	I,03
	ac.stéarique	2,25	2,77	0,59	0,58	0,39	0,44	0,42	0,72
	ac.oléïque	5,2I	4,74	0,36	I,0I	0,25	0,24	0,22	0,70
	ac.linoléïque	0,42	0,47		0,0I				0,04
	ac.linolénique								
	ac.arachidique								
ac.totaux		I2,0	I2,2	I,7I	2,65	I,20	I,32	I,22	2,67
Esters d'acides gras (mg ac.gras/l)	ac.caprylique								
	ac.caprique		0,03				0,005		0,0I
	ac.laurique	0,06	0,I0	0,02	0,0I	0,02	0,02	0,0I	0,0I
	ac.myristique	0,59	0,67	0,09	0,07	0,06	0,08	0,06	0,I4
	ac.palmitique	I,95	2,40	0,42	0,60	0,29	0,36	0,30	0,56
	ac.stéarique	I,40	I,47	0,20	0,67	0,I3	0,I6	0,I4	0,32
	ac.oléïque	0,9I	I,84	0,49	0,57	0,3I	0,40	0,3I	0,60
	ac.linoléïque	0,04	0,57		0,0I		0,02	0,03	0,I5
	ac.linolénique								0,002
	ac.arachidique	0,02							0,00I
ac.totaux		4,97	7,08	I,22	I,93	0,8I	I,04	0,85	I,79
Esters et acides gras totaux (mg/l)		I7,0	I9,3	2,93	4,58	2,0I	2,36	2,07	4,46

Fig. 37Fig. 38

2. COMPARAISON ENTRE LES COURBES

A L'ENTREE DES DIFFERENTES STATIONS -

Pour toutes les analyses, Messimy fait exception : on observe toujours de faibles concentrations à l'entrée aussi bien qu'à la sortie.

2.1. - pH :

L'analyse n'a pas été faite à Arnas, seules les stations de Messimy, Thurins et Saint-Didier, peuvent être comparées. La figure 37 représente la comparaison des courbes de ces trois stations.

Les courbes de Thurins et Saint-Didier sont très semblables. On retrouve une élévation de pH à partir de 7 h., qui se maintient jusque vers 12 h. 30 à Thurins, et un pic vers 17 h.

Messimy présente une courbe très différente puisqu'on peut observer un pic très important à 11 h. dû sans doute aux rejets des blanchisseries que la commune compte dans son agglomération. En effet, les blanchisseries peuvent provoquer une élévation de pH atteignant 10 (82).

2.2. - M.S. :

La comparaison est représentée par la figure 38.

On ne peut pas établir beaucoup d'analogie entre les quatre stations, à part un pic commun entre 13 h. 30 et 14 h. 30 et un à 20 h.

A Messimy, on n'observe pas de pic le soir, contrairement aux autres localités, et il semble qu'il y ait dans les autres cas une nette influence de la durée du jour : les pics les plus tardifs étant à Arnas et Thurins à 23 h. Or, dans ces communes, les prélèvements ont eu lieu au mois de juillet où la nuit tombait à Thurins vers 22 h. et Arnas 21 h. 30. A Saint-Didier où la nuit est survenue à 18 h. 30, le dernier pic se situe à 21 h. 30.

Fig. 39

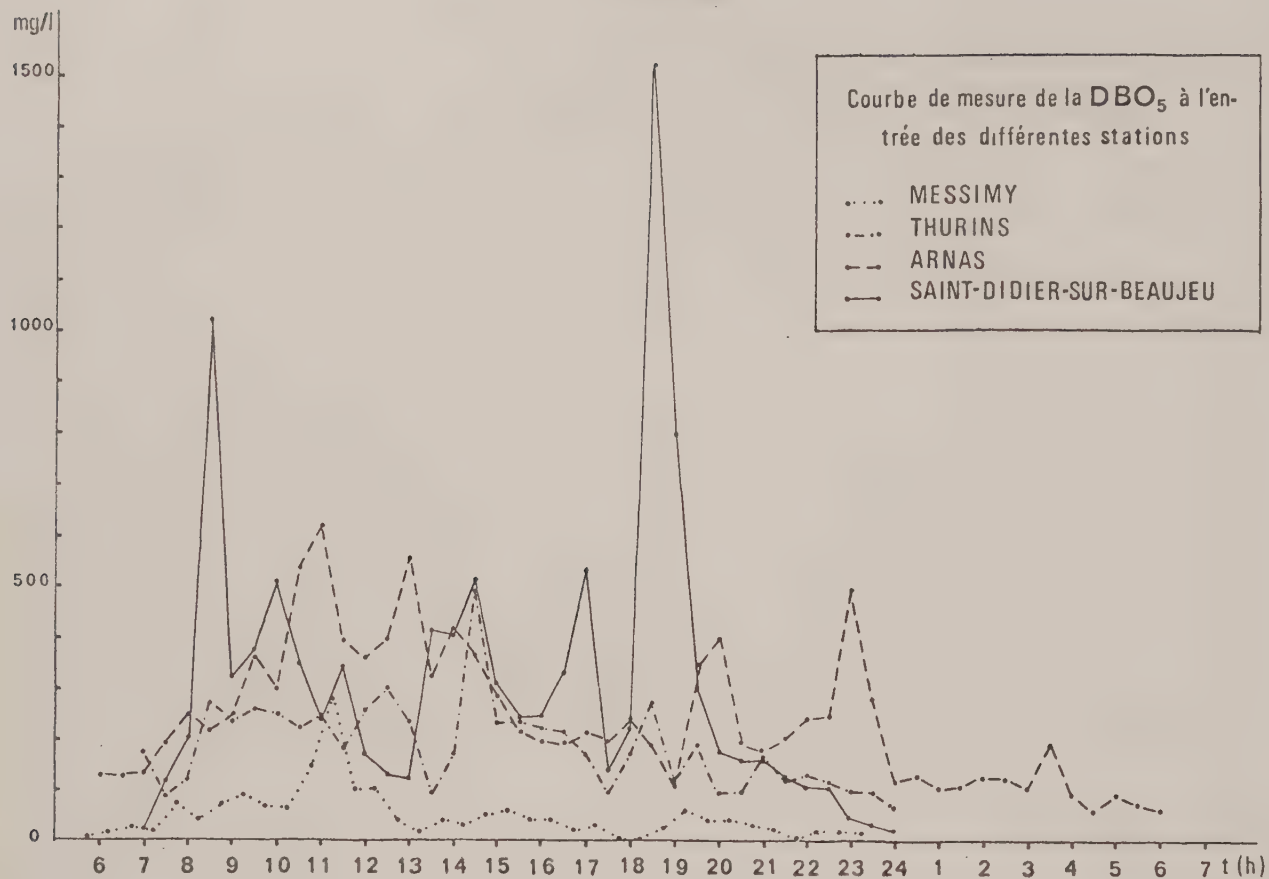


Fig. 40

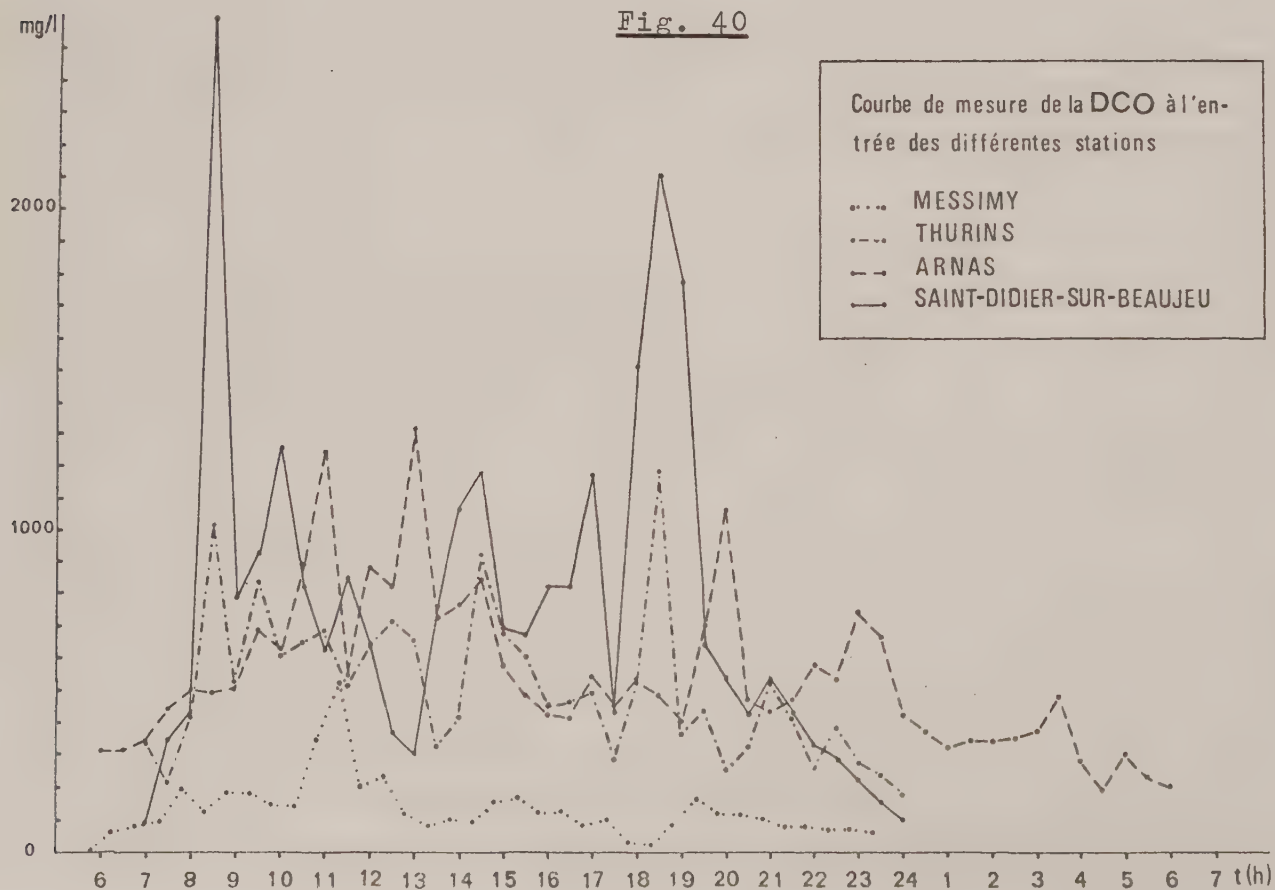
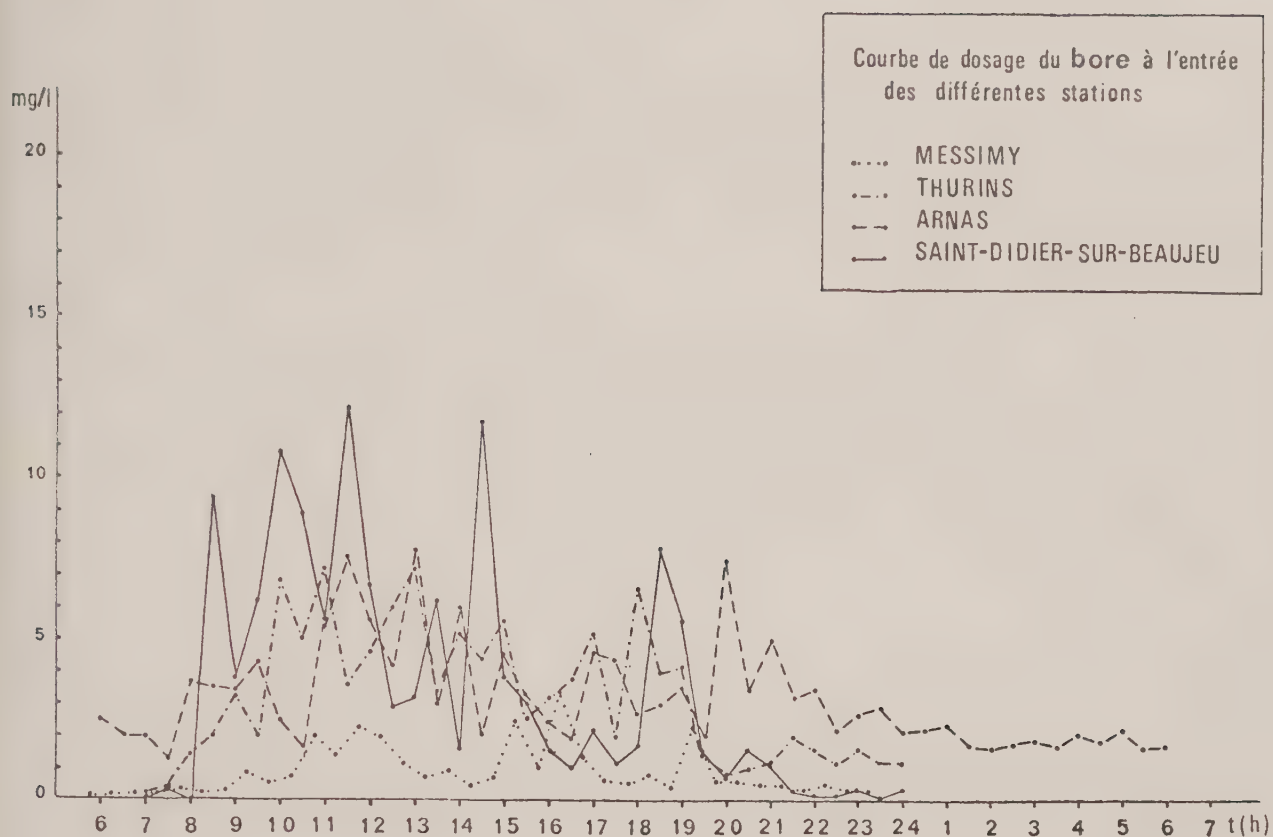
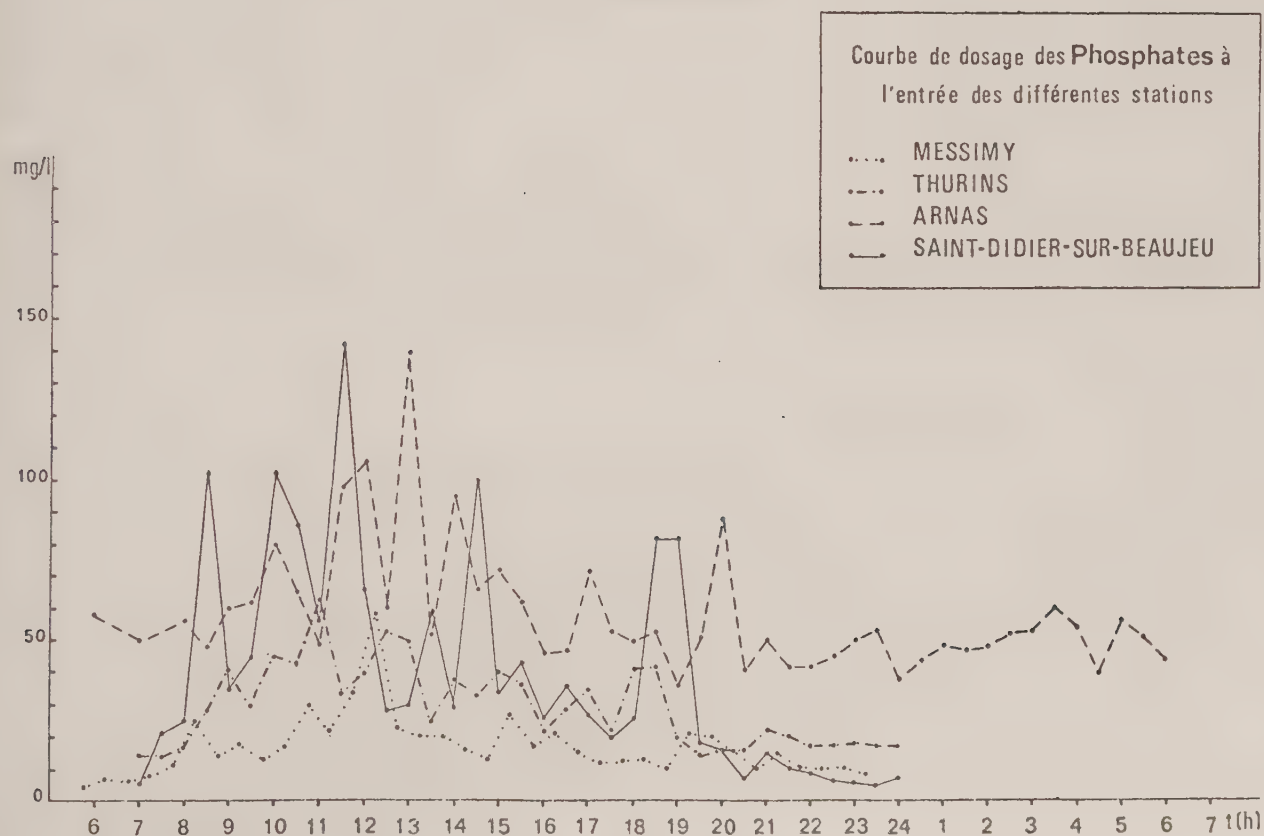


Fig. 41Fig. 42

2.3. - DBO₅ :

La comparaison, schématisée dans la figure 39, ne montre aucune ressemblance entre les courbes, si ce n'est un maximum dans les quatre cas entre 13 h. et 15 h.

2.4. - DCO :

La figure 40 qui représente les quatre courbes de DCO permet de mettre en évidence un parallélisme entre Thurins et Saint-Didier où nous retrouvons les maxima exactement aux mêmes heures, soit 8 h. 30, 14 h. 30, 18 h. 30 et 21 h.

2.5. - Bore :

La figure 41 représente la comparaison entre les quatre stations. Les pics de rejets sont trop épars pour qu'on puisse en déduire quelque chose. Simplement, on peut observer une augmentation des rejets entre 10 h. et 15 h., puis après une diminution, de nouveau une élévation entre 18 h. et 20 h.

2.6. - Phosphates :

La figure 42 qui retrace les quatre courbes de dosage des stations, comme pour le bore, ne montre rien de particulier, et on peut faire les mêmes observations.

2.7. - Détergents :

Comme pour le pH, on peut remarquer d'après la figure 43 que les courbes de Thurins et Saint-Didier sont très parallèles. A Thurins, le dernier pic se situe autour de 22 h., ce qui peut être dû au fait que la nuit est tombée vers 22 h. L'activité domestique se prolonge, de ce fait, tard dans la journée, contrairement à Saint-Didier.

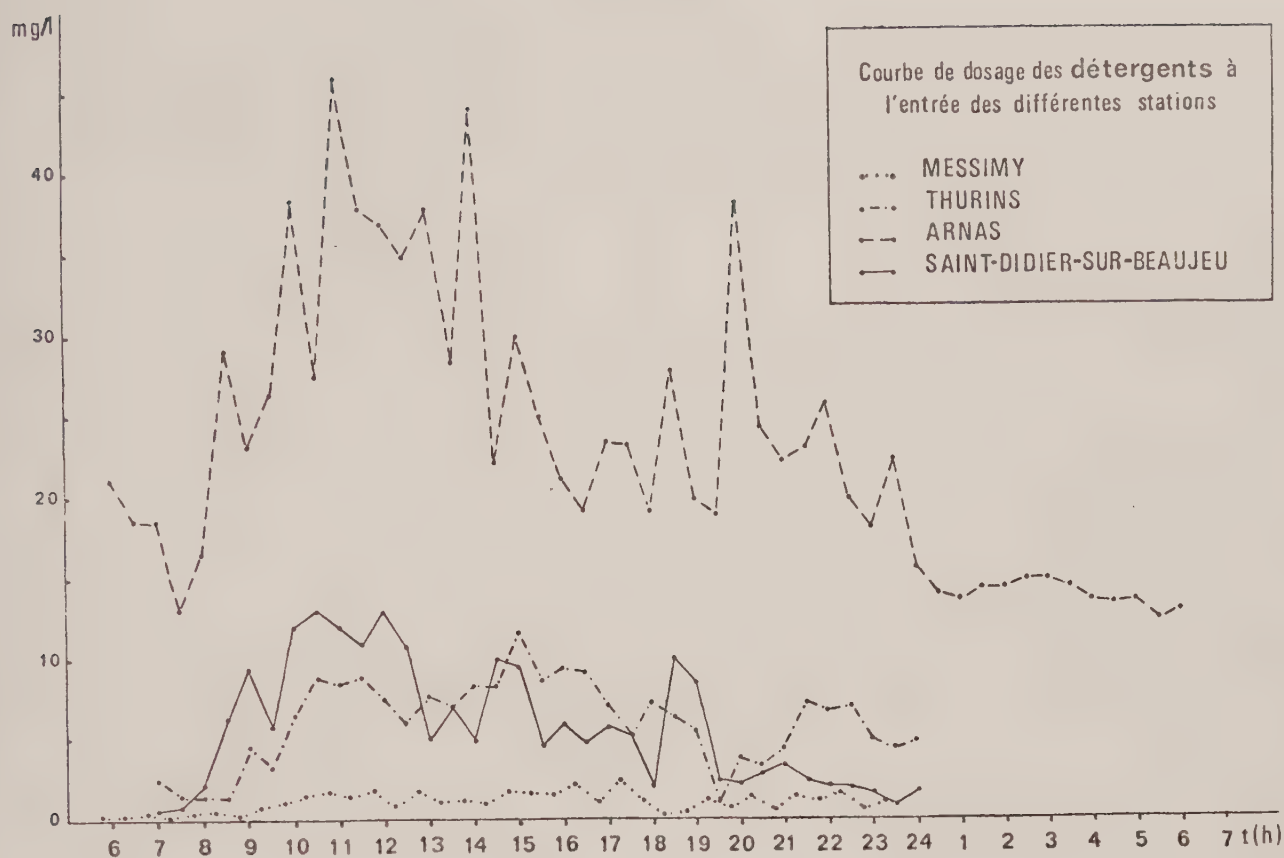
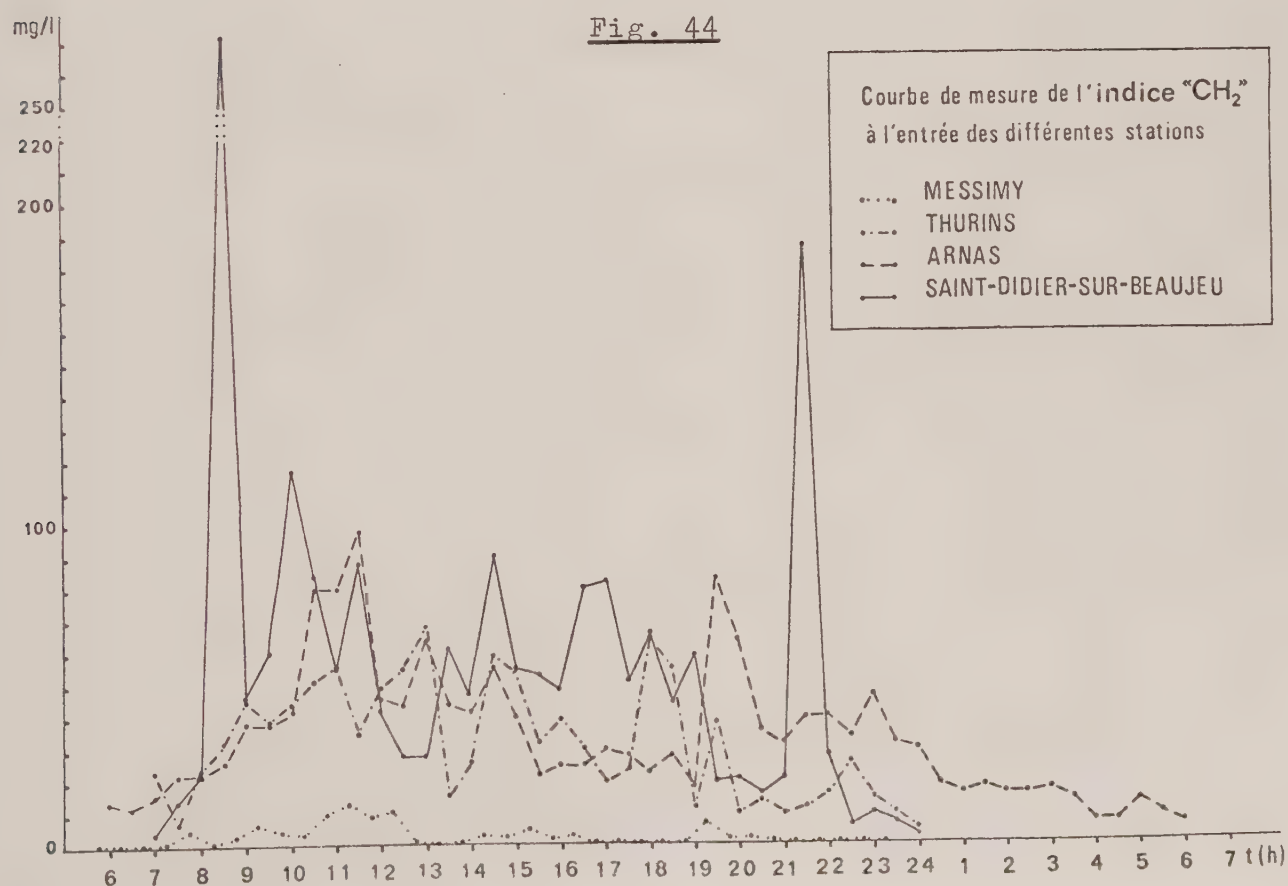
Fig. 43Fig. 44

Fig. 45

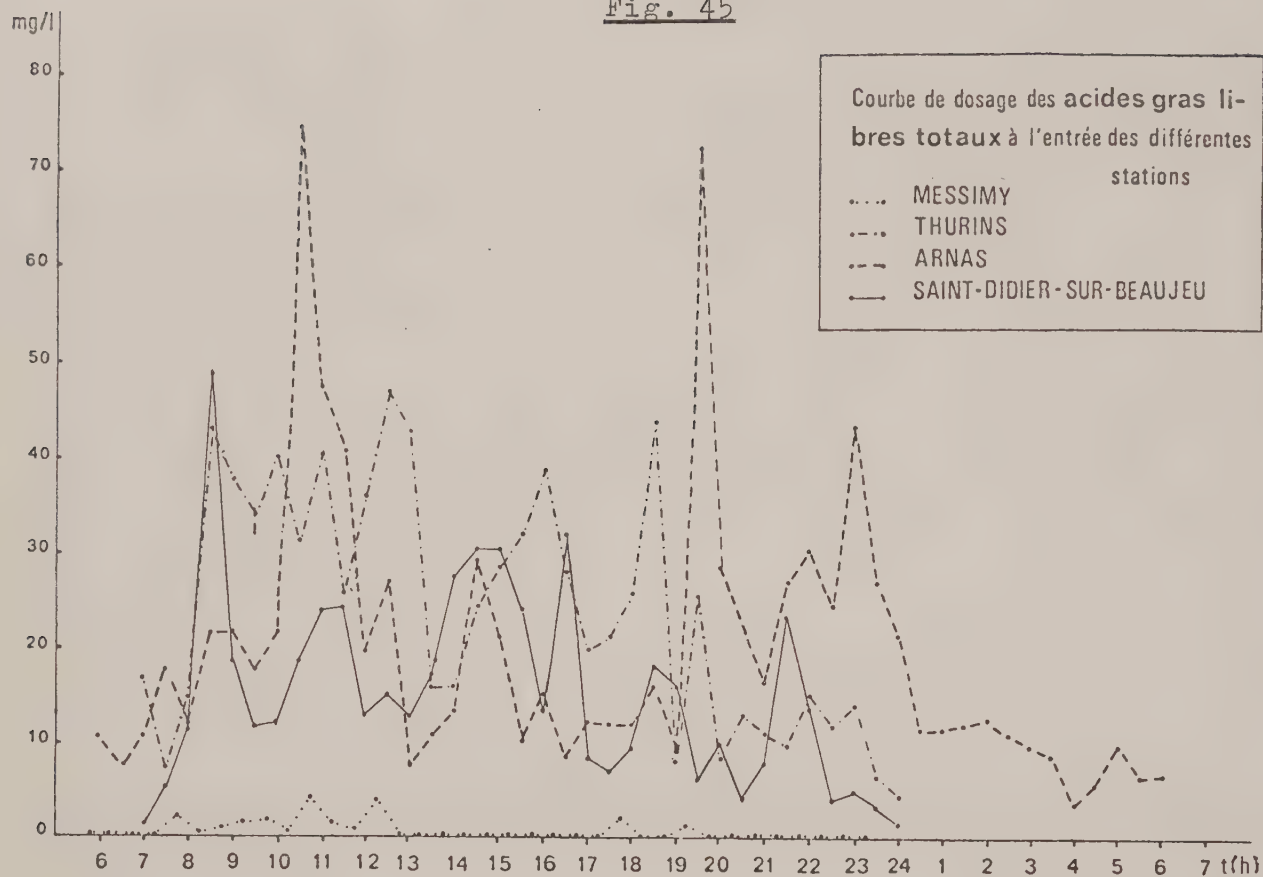
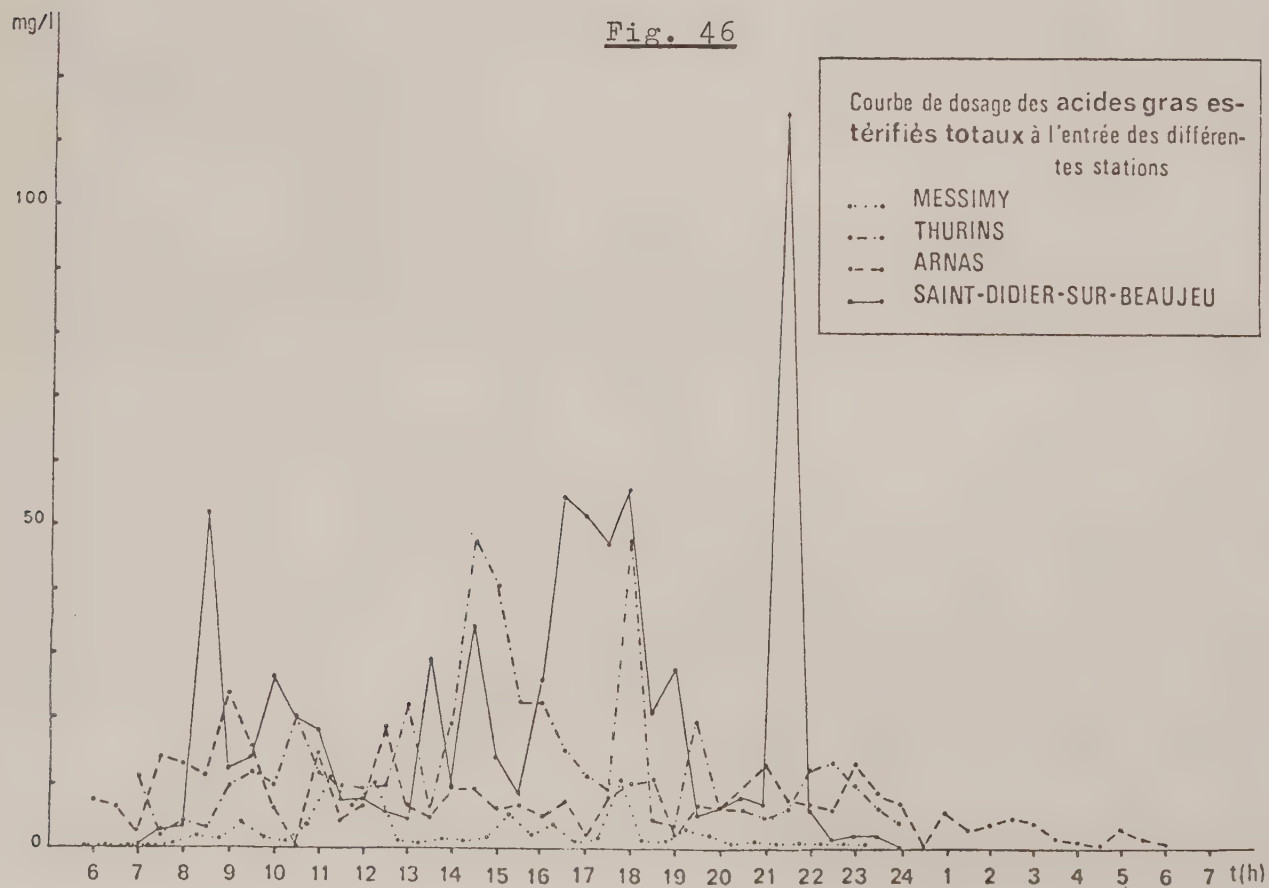


Fig. 46



Arnas se distingue nettement des autres stations par ses taux importants qu'on trouve à tout instant, et Messimy par ses faibles taux malgré ses deux blanchisseries.

2.8. - Indice CH₂ :

La courbe de comparaison est représentée par la figure 44. Dans tous les cas, on observe un pic vers 11 h., 13 h. (sauf à Messimy) et vers 19 h., Saint-Didier se singularisant par deux rejets particulièrement importants à 8 h. 30 et 21 h. 30, et d'autres plus faibles au cours de la journée.

Il est probable que ces afflux proviennent de matières organiques, évacuées par la coopérative vinicole en période d'activité intense à l'époque des prélèvements qui ont eu lieu fin octobre 1977.

2.9. - Acides gras :

Comme on peut le remarquer dans les figures 45 et 46, la proportion AGL-AGE est inversée entre Arnas et Saint-Didier où les AGE sont prédominants.

Sauf à Messimy où les concentrations à l'entrée sont toujours faibles, les taux en AGL sont très voisins dans les différentes stations. Dans les quatre, on retrouve un pic vers 8 h., un vers 11 h., décalé à 12 h. 30 à Thurins, et un vers 18 h. - 19 h. A Arnas et Thurins, on peut observer un pic important vers 23 h., absent à Messimy et apparaissant à 21 h. 30 à Saint-Didier.

Globalement, on peut observer une décroissance des AGL du matin vers le soir et, inversement, une élévation des AGE dans le même sens.

Les AGE apparaissent dans toutes les stations vers 11 h., 13 h. et 18 h. - 19 h., Thurins et Saint-Didier présentant des pics supplémentaires et très importants : 14 h. 30 à Thurins, 8 h. 30, 14 h. 30, 16 h., 17 h., 21 h. 30 à Saint-Didier.

Au terme de cette analyse, on peut dire que le caractère agricole de Saint-Didier se manifeste par des rejets échelonnés tout au long de la journée, ce qui n'est pas le cas dans les autres stations de caractère plus résidentiel, même à Messimy où les rejets de blanchisseries ne semblent pas modifier les caractéristiques des effluents de la commune, si ce n'est la très forte alcalinité observée en fin de matinée.

Si la comparaison des différentes courbes entre elles donne peu de renseignements, la comparaison entre les moyennes semble, au contraire, plus intéressante.

3. COMPARAISON ENTRE LES MOYENNES -

Le tableau XLIII donne les valeurs moyennes calculées pour chaque paramètre à l'entrée et à la sortie de Messimy et Thurins, ainsi que le rendement pour chacun d'eux. Le tableau XLIV regroupe les mêmes données pour Arnas et Saint-Didier. Tous ces résultats sont schématisés dans la figure 47.

L'analyse des tableaux nous permet quelques observations.

3.1. - Rendement :

Tous les pH mesurés aux sorties sont voisins de 7.

L'élimination du bore et des phosphates est mauvaise puisque, dans les meilleurs cas, elle n'atteint que 35 % (bore à Messimy et phosphates à Saint-Didier). A Thurins, on observe même une augmentation du taux moyen en bore à la sortie, qui peut être due, comme il a été dit plus haut, à une transformation perborate - borate à l'intérieur du système épurateur.

En dehors de ces deux facteurs, dans tous les autres cas, l'élimination est supérieure à 80 %. Elle est inférieure à 85 % pour la DCO à Messimy, les détergents à Thurins et Saint-Didier, pour les AGL à Messimy et à Saint-Didier.

Comparaison entre les moyennes à l'entrée et à la sortie
et le rendement de chaque station

Lieu de prélèvement...		MESSIMY (1)			THURINS (2)		
		Entrée	Sortie	Rende- ment (%)	Entrée	Sortie	Rende- ment (%)
pH.....		8,42	7,65	0,77 UpH	7,65	7,19	0,46 UpH
DCO (mg O ₂ /l).....		128	23,3	81,8	504	64,5	87,0
DBO ₅ (mg O ₂ /l).....		51,0	3,6	93,0	188	15,8	91,6
Matières en suspension (mg/l)		45,6	2,0	95,5	136	5,0	96,3
Bore (mg/l).....		0,89	0,56	36,4	3,2	3,67	- 12
Phosphates (mg/l)....		16,8	13,1	21,4	29,4	25,9	12
Détergents (mg/l)....		1,06	0,14	86,8	6,0	1,14	81
Indice "CH ₂ " (mg/l)..		3,30	0,27	91,8	31,6	0,87	97
ACIDES GRAS LIBRES (mg/l)	ac. caprylique..	<0,001	néant	-	0,09	néant	100
	ac. caprique....	0,002	0,003	- 50	0,09	<0,001	99
	ac. laurique....	0,002	0,003	- 50	0,70	<0,001	99,9
	ac. myristique..	0,056	0,010	82	1,00	0,005	99,5
	ac. palmitique..	0,273	0,052	81	7,68	0,057	99,2
	ac. stéarique...	0,225	0,018	92	6,42	0,037	99,4
	ac. oléique.....	0,177	0,027	85	5,94	0,008	98,6
	ac. linoléique..	0,026	0,003	88	1,68	0,001	99,9
	ac. linolénique..	0,013	0,003	77	0,01	néant	100
	ac. arachidique..	-	-	-	0,30	néant	100
	ac. totaux.....	0,78	0,12	84,6	23,9	0,110	99,5
ESTERS D'ACIDES GRAS (mg ac. gras/l)	ac. caprylique..	0,020	néant	100	0,11	néant	100
	ac. caprique....	0,093	<0,001	99	0,12	néant	100
	ac. laurique....	0,044	0,005	88,6	0,30	néant	100
	ac. myristique..	0,146	0,021	85,6	0,63	0,003	99,5
	ac. palmitique..	0,558	0,059	89,4	3,26	0,040	98,8
	ac. stéarique...	0,212	0,023	89	1,68	0,016	99
	ac. oléique.....	0,962	0,026	97,2	4,88	0,127	97,3
	ac. linoléique..	0,198	0,001	99,5	2,63	0,063	97,6
	ac. linolénique..	0,133	néant	100	0,08	0,001	98,6
	ac. arachidique..	-	-	-	0,04	néant	99
	ac. totaux.....	2,37	0,136	94,2	13,7	0,25	98,2
Esters et ac. gras totaux.....		3,15	0,256	91,8	37,6	0,36	99

- TABLEAU XLIV -

Comparaison entre les moyennes à l'entrée et à la sortie
et le rendement de chaque station

Lieu de prélèvement...		ARNAS (3)			SAINT-DIDIER-sur-BEAUJEU (4)		
		Entrée	Sortie	Rende- ment (%)	Entrée	Sortie	Rende- ment (%)
pH.....		-	-	-	7,22	7,11	0,11 UpH
DCO (mg O ₂ /l).....		537	78,2	85,4	761	106	86
DBO ₅ (mg O ₂ /l).....		242	13,8	94,3	316	35	88,9
Matières en suspension (mg/l)		128	8,5	93,3	198	13,8	93
Bore (mg/l).....		3,20	3,00	6,2	3,55	2,70	23,9
Phosphates (mg/l).....		58,3	47,0	19,4	40,1	25,1	37,4
Détergents (mg/l).....		22,8	1,41	93,8	5,8	1,08	81,3
Indice "CH ₂ " (mg/l)...		33,1	0,69	97,9	54,8	5,5	90
ACIDES GRAS LIBRES (mg/l)	ac. caprylique...	néant	néant	-	0,03	néant	100
	ac. caprique.....	0,18	<0,001	99,4	0,05	néant	100
	ac. laurique.....	0,99	<0,001	99,9	0,25	0,01	96
	ac. myristique...	1,17	<0,009	99,1	0,63	0,17	73
	ac. palmitique...	6,28	<0,040	99,3	5,08	1,03	79,7
	ac. stéarique.....	4,42	<0,009	97,7	4,38	0,72	83,6
	ac. oléique.....	5,19	néant	100	3,60	0,70	80,6
	ac. linoléique...	0,96	néant	100	0,85	0,04	95,3
	ac. linolénique..	0,11	néant	100	0,001	néant	100
	ac. arachidique..	-	-	-	0,28	néant	100
	ac. totaux.....	19,3	0,060	99,7	15,1	2,67	82,3
ESTERS D'ACIDES GRAS (mg ac. gras/l)	ac. caprylique...	néant	néant	-	0,05	néant	100
	ac. caprique.....	0,10	néant	100	0,16	0,01	93,8
	ac. laurique.....	0,23	<0,005	97,8	0,29	0,01	96,6
	ac. myristique...	0,52	<0,002	99,6	1,10	0,14	87,3
	ac. palmitique...	2,18	<0,016	99	5,94	0,56	90,6
	ac. stéarique.....	1,03	néant	100	3,90	0,32	91,8
	ac. oléique.....	2,18	néant	100	7,03	0,60	91,5
	ac. linoléique...	0,66	néant	100	1,67	0,15	91
	ac. linolénique..	néant	néant	-	0,01	0,002	80
	ac. arachidique..	-	-	-	0,01	0,001	90
	ac. totaux.....	6,90	0,023	99,7	20,2	1,79	91,1
Esters et ac. gras totaux.....		26,2	0,083	99,6	35,3	4,46	87,4

3.2. - pH et charge en pollution :

On peut remarquer que le pH à Messimy, où la charge en pollution est la plus faible, est le plus élevé. Or, plus l'effluent est riche, plus il comporte de substances capables de constituer un milieu tamponné, et il est possible que la charge en matières organiques soit insuffisante à Messimy pour compenser l'alcalinité des rejets de blanchisseries.

3.3. - DCO, M.S., indice CH₂, acides gras :

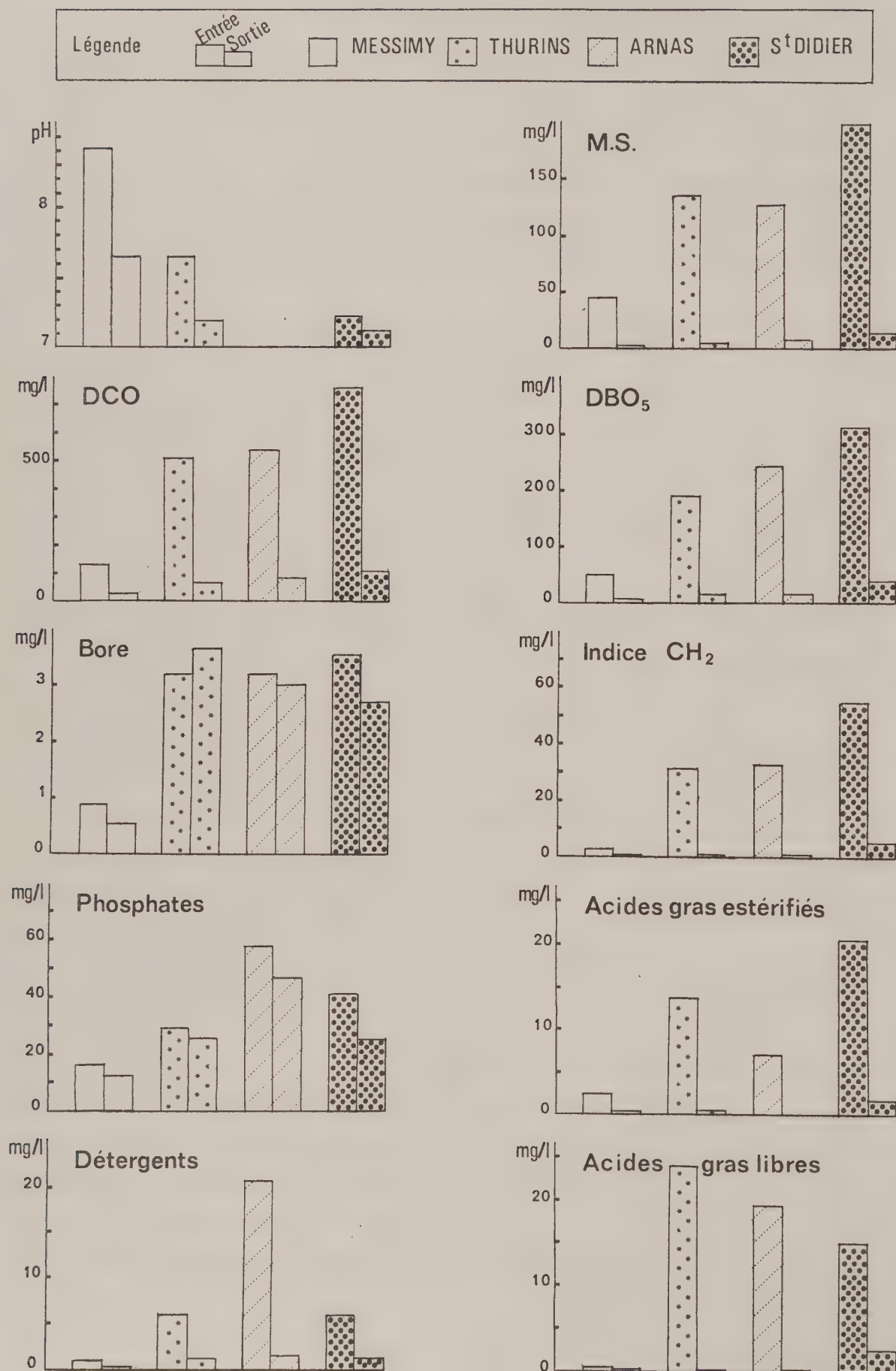
Les moyennes de DCO, M.S. et indice CH₂, sont très parallèles. A Arnas, on trouve moins de matières en suspension et également moins d'acides gras totaux, en particulier estérifiés, que dans les autres stations. La DBO₅ est cependant plus élevée. On peut en déduire qu'il y a corrélation entre matières en suspension et acides gras estérifiés, et donc que les esters d'acides gras se retrouvent non dans la fraction dissoute, mais dans la fraction particulaire des eaux.

On peut rapprocher ce résultat des autres travaux qui montrent que les lipides se retrouvent essentiellement dans la fraction colloïdale ou particulaire des effluents (33, 49). D'après HUNTER et HEUKELEKIAN, la fraction soluble des eaux est moins oxydable que la fraction particulaire et présente une DCO plus faible. Donc, dans une station comme Arnas où il y a moins de matières en suspension, il est normal de trouver une DCO plus faible et non parallèle à la DBO₅.

3.4. - Phosphates et détergents :

Il est encore très intéressant de remarquer que les moyennes en phosphates et en détergents sont très parallèles, contrairement à celles du bore, même à Saint-Didier où l'activité agricole aurait pu se manifester par des rejets de phosphates provenant d'engrais ou de lessivage des sols. Nos

Fig. 47 : Comparaison entre les moyennes à l'entrée et à la sortie de chaque station



résultats rejoignent ceux qui ont été réalisés par LAVALLE (67) et qui montrent que l'origine des phosphates retrouvés dans les effluents communaux est essentiellement liée à l'emploi des détergents où ils sont présents à l'état de polyphosphates. Les taux trouvés dans les quatre stations étudiées n'atteignent toutefois pas le taux moyen trouvé par cet auteur, qui est de l'ordre de 80 mg/l.

3.5. - Bore :

Les moyennes des taux en bore paraissent peu explicables, d'autant plus que les trois stations les plus comparables présentent des taux voisins de 3 mg/l à l'entrée et à la sortie.

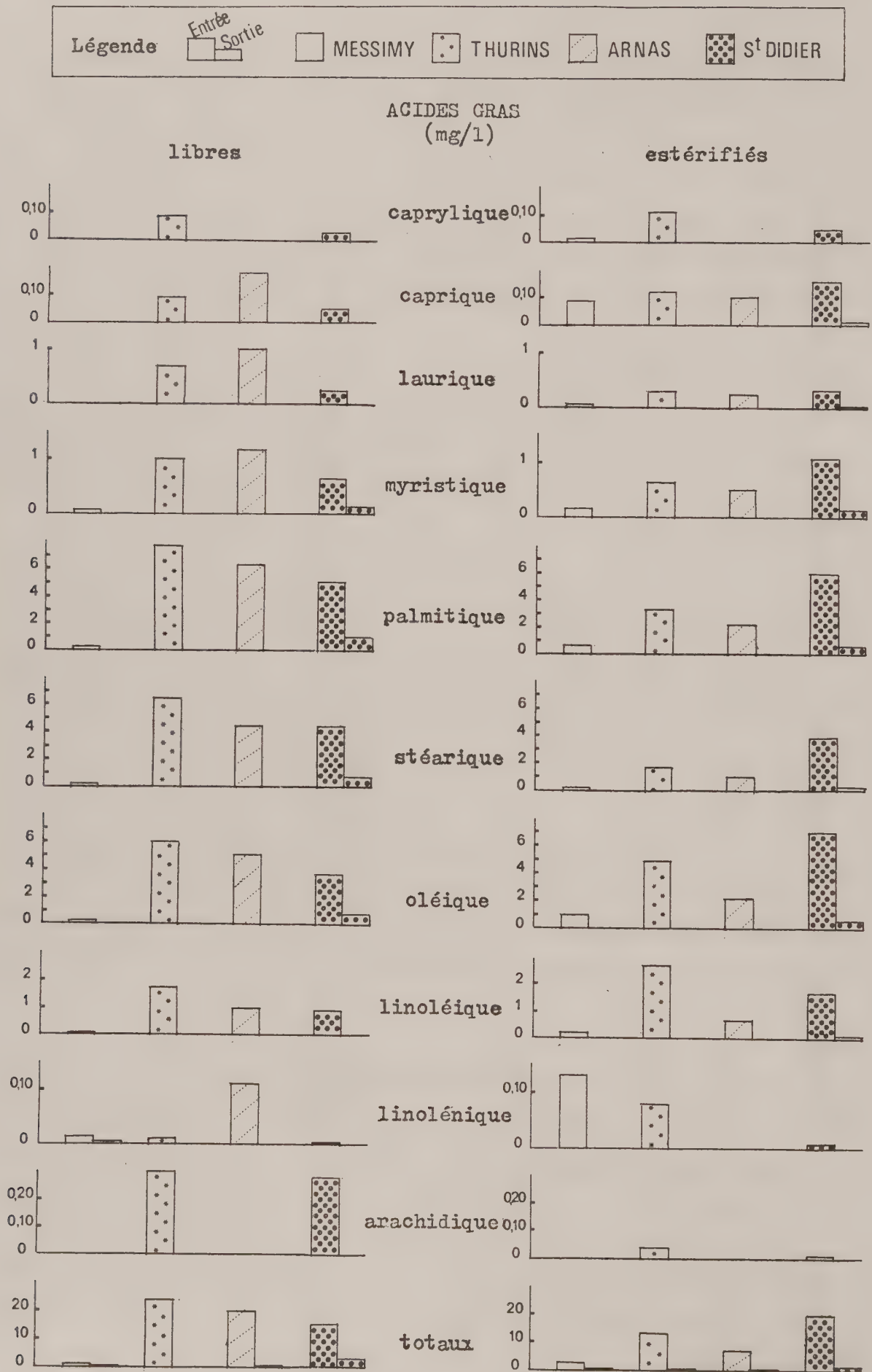
Dans le cas du bore, comme dans celui des phosphates, on peut observer que le rendement de l'épuration est faible, sinon nul. On assiste, en fait, à un nivellement des taux à la sortie par rapport à l'entrée. Il faut bien considérer que ces composés sont dans leur état d'oxydation maximal et solubles sous cette forme. Il paraît donc difficile de les éliminer.

Toutefois, des dosages de bore effectués dans les boues résiduaires ont donné les résultats suivants : 19 mg/kg à Arnas et 12 mg/kg à Messimy. Il y a donc certainement élimination de ces ions par adsorption ou coprécipitation avec les boues.

3.6. - Indice CH_2 et acides gras totaux :

A de petites variations près, on peut mettre en évidence un parallélisme entre indice CH_2 et acides gras totaux. Les résultats trouvés prouvent que l'indice CH_2 mesuré sans passage sur Florisil^(R) est loin de représenter les seuls hydrocarbures et, dans les communes étudiées où il est normal de ne pas trouver d'hydrocarbures, il dose en réalité surtout les graisses.

Fig. 48 : Comparaison entre les moyennes en acides gras libres et estérifiés à l'entrée et à la sortie de chaque station



3.7. - AGL et AGE :

On trouve plus d'acides gras libres que d'estérifiés à l'entrée d'Arnas et de Thurins, contrairement à Messimy et Saint-Didier. Est-ce dû à une hydrolyse partielle des esters réalisée dans le réseau d'égout, ou à une élimination plus importante de la fraction particulaire par dépôt sur les tuyaux d'égouts ou dans le puits d'arrivée à Arnas ?

Une autre hypothèse permet de supposer que les détergents présents en très grande quantité à l'entrée de ces deux stations (surtout Arnas) auraient pu libérer une partie des acides gras en les hydrolysant de leurs esters.

A Thurins et Arnas, la dégradation des acides gras totaux atteint respectivement 99 et 99,6 %. A Messimy, malgré des taux très faibles à l'entrée, on trouve une certaine quantité d'acides gras, du même ordre de concentration que Thurins ou Arnas (0,052 mg/l de C16, 0,057 à Thurins et 0,040 à Arnas). A Saint-Didier, la dégradation est plus faible et les taux retrouvés à la sortie nettement plus élevés que dans les trois stations précédemment citées. Or, d'après les courbes de transit, c'est à Saint-Didier que les eaux restent le moins longtemps soumises à l'épuration biologique. On doit donc en conclure que la dégradation des graisses dépend essentiellement de leur temps de contact avec les bactéries.

Il est intéressant de noter que la seule station où les taux en acides gras à moyenne chaîne augmentent à la sortie (C10 et C12) est Messimy où l'épuration biologique se fait par boues activées.

3.8. - Composition en acides gras :

La proportion relative des acides gras libres (tableau XLV) et celle des acides gras estérifiés (tableau XLVI) a été schématisée dans la figure 49. Elle est remarquablement proche dans les effluents des quatre stations : les AGL se composent

- TABLEAU XLV -

PROPORTIONS RELATIVES DES ACIDES GRAS LIBRES
dosés à l'entrée et à la sortie de chaque station

ENTREE DE STATION	MESSIMY	THURINS	ARNAS	St-DIDIER
acide caprylique....	0,1	0,4	-	0,2
acide caprique.....	0,2	0,4	0,9	0,3
acide laurique.....	0,2	2,9	5,1	1,6
acide myristique....	7,3	4,2	6,0	4,1
acide palmitique....	35,3	32,1	32,5	33,6
acide stéarique.....	29,1	26,9	22,9	29,0
acide oléique.....	22,9	24,8	26,9	23,8
acide linoléique....	3,3	7,0	5,0	5,6
acide linolénique...	1,6	0,05	0,6	-
acide arachidique...	-	1,2	-	1,8
TOTAL.....	100,0	99,9	99,9	100,0

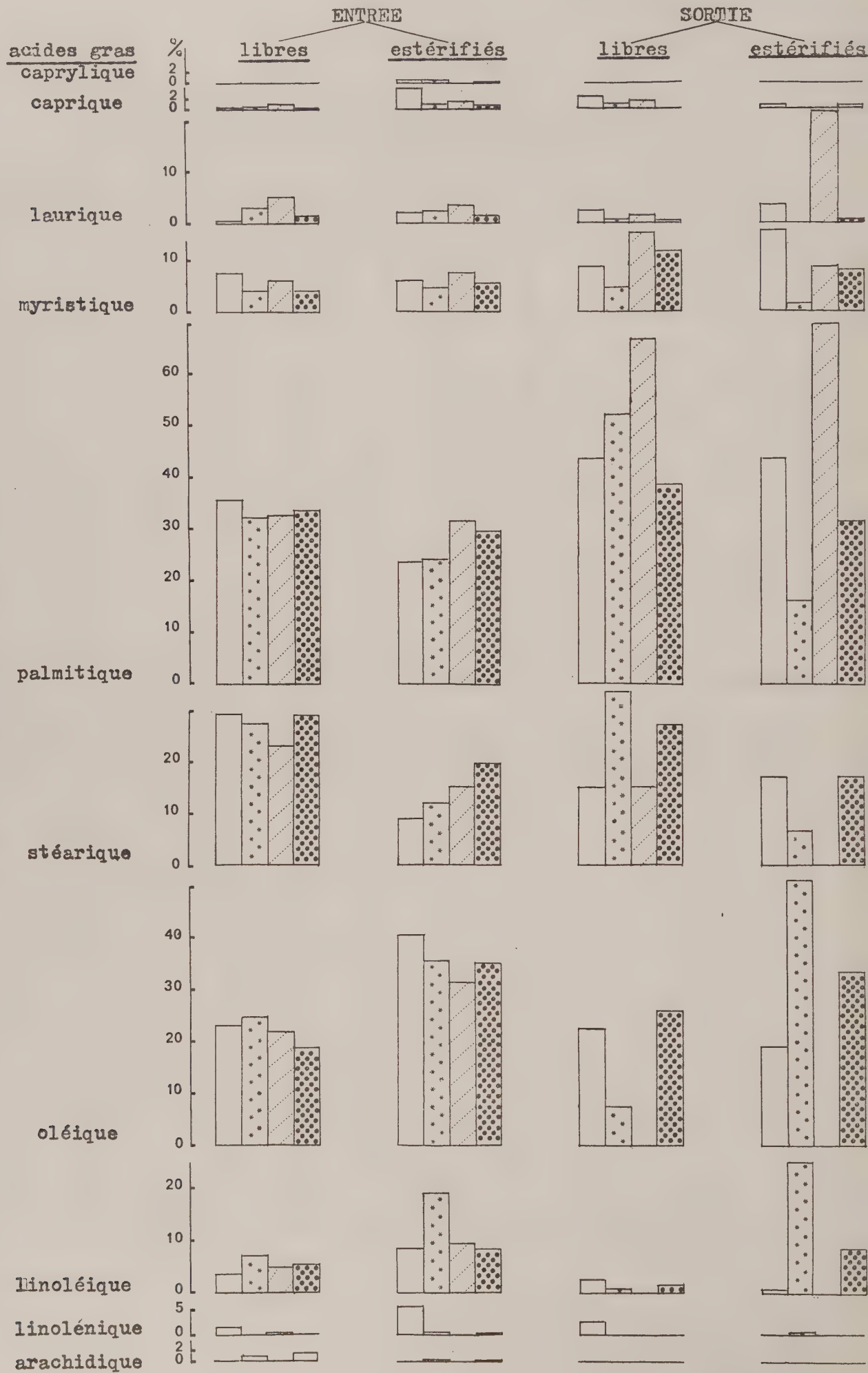
SORTIE DE STATION	MESSIMY	THURINS	ARNAS	St-DIDIER
acide caprylique....	-	-	-	-
acide caprique.....	2,5	0,9	1,6	-
acide laurique.....	2,5	0,9	1,6	0,4
acide myristique....	8,4	4,5	15,0	6,3
acide palmitique....	43,7	51,8	66,7	38,6
acide stéarique.....	15,1	33,6	15,0	27,0
acide oléique.....	22,7	7,3	-	26,2
acide linoléique....	2,5	0,9	-	1,5
acide linolénique...	2,5	-	-	-
acide arachidique...	-	-	-	-
TOTAL.....	100,0	99,9	99,9	100,0

- TABLEAU XLVI -

PROPORTIONS RELATIVES DES ACIDES GRAS ESTERIFIES
dosés à l'entrée et à la sortie de chaque station

ENTREE DE STATION	MESSIMY	THURINS	ARNAS	St-DIDIER
acide caprylique....	0,8	0,8	-	0,2
acide caprique.....	3,9	0,9	1,5	0,8
acide laurique.....	1,8	2,2	3,3	1,5
acide myristique....	6,2	4,6	7,5	5,5
acide palmitique....	23,6	23,8	31,6	29,4
acide stéarique.....	9,0	12,2	14,9	19,3
acide oléique.....	40,6	35,5	31,6	34,8
acide linoléique....	8,4	19,2	9,6	8,3
acide linolénique...	5,6	0,6	-	0,1
acide arachidique...	-	0,3	-	0,1
TOTAL.....	99,9	100,0	100,0	100,0

SORTIE DE STATION	MESSIMY	THURINS	ARNAS	St-DIDIER
acide caprylique....	-	-	-	-
acide caprique.....	0,7	-	-	0,5
acide laurique.....	3,7	-	21,7	0,5
acide myristique....	15,4	1,2	8,7	7,8
acide palmitique....	43,4	16,0	69,6	31,3
acide stéarique.....	16,9	6,4	-	17,9
acide oléique.....	19,1	50,8	-	33,5
acide linoléique....	0,7	25,2	-	8,4
acide linolénique...	-	0,4	-	0,1
acide arachidique...	-	-	-	-
TOTAL.....	99,9	100,0	100,0	100,0



d'environ 35 % de C16, 25 à 30 % de C18, 25 % de C18 : 1, 5 % de C14, 5 % de C18 : 2. Les AGE se distribuent en 35 % de C18 : 1, 25 % de C16, 15 % de C18, 10 % de C18 : 2 et 5 % de C14. On remarque donc que la proportion d'insaturés est plus importante dans les AGE que dans les AGL.

A la sortie, les proportions sont beaucoup plus variables. Ainsi, il semble plus intéressant de comparer les taux rejetés (exprimés en mg/l).

		MESSIMY	THURINS	ARNAS	SAINT-DIDIER
AGL	{ C14.....	0,010	0,005	<0,009	0,17
	{ C16.....	0,052	0,057	<0,040	1,03
	{ C18.....	0,018	0,037	<0,009	0,72
	{ C18 : 1...	0,027	0,008	néant	0,70
AGE	{ C14.....	0,021	0,003	<0,002	0,14
	{ C16.....	0,059	0,040	<0,016	0,56
	{ C18.....	0,023	0,016	néant	0,32
	{ C18 : 1...	0,026	0,127	néant	0,60
	{ C18 : 2...	<0,001	0,063	néant	0,15

Les taux d'Arnas sont si faibles qu'on ne détecte pratiquement que l'acide palmitique C16. Dans les autres stations, C16 libre est toujours l'AGL prédominant. On retrouve ensuite C18, C18 : 1 et, à un moindre degré, C14.

Les AGE sont plus riches en insaturés puisqu'on retrouve surtout C18 : 1 et C18 : 2.

On ne peut pas établir de parallélisme entre la composition initiale et finale des effluents. Néanmoins, la présence d'acides particuliers prédominants à l'entrée peut être retrouvée à la sortie, comme c'est le cas pour C18 : 2 estérifié à Thurins.

Les fortes concentrations de la sortie de Saint-Didier montrent que les acides gras sont certainement éliminés en partie avant d'être dégradés, comme le prouvent les pics de sortie retrouvés à 0 h. et 1 h., soit sept heures après les maxima de l'entrée, ce qui correspond au temps de transit.

Dans les autres stations, on n'observe pas de pic particulier et les rejets sont très uniformes. La relative stabilité des concentrations en C16, C18 et C18 : 1, pourrait alors provenir des bactéries, soit que celles-ci sécrètent des acides gras, soit que des acides gras soient libérés par les bactéries mortes, puis lysées.

4. ORIGINE DES ACIDES GRAS TROUVES A LA SORTIE -

4.1. - Produits de transformation

de substrats autres que les lipides :

Les bactéries peuvent dégrader un certain nombre de substances en les transformant en acides gras.

Ainsi, les hydrocarbures peuvent être dégradés par certains types de bactéries, en particulier les Pseudomonas et les Achromobacter (15, 16). Des bactéries banales peuvent s'acclimater par ailleurs à ce substrat. Il y a oxydation, le plus souvent aérobie, habituellement lente, sauf lorsque l'environnement est enrichi en substrats organiques, ce qui accélère le processus.

Avec un hydrocarbure comportant n atomes de carbone, il peut y avoir synthèse d'un acide à $n - 2$, n ou $n + 2$ atomes de carbone (16). Une étude récente (119) montre que la décroissance de la quantité de pétrole dans un milieu aqueux s'accompagne d'une augmentation de la population microbienne aérobie et hétérotrophique totale. On observe également une augmentation des bactéries lipolytiques et l'apparition de lipides qui pourraient être des produits de dégradation du pétrole (malgré l'existence de bactéries lipolytiques).

ATLAS et BARTHA (5) ont observé l'arrêt de la dégradation des hydrocarbures au bout d'un certain temps. Il semble que les acides gras, principaux produits du métabolisme des

hydrocarbures, soit un facteur limitant à partir d'une certaine concentration (comme par un mécanisme d'auto-régulation) : la croissance de Brevibacterium est inhibée en présence de C10, C12 et C14 à 400 ppm, et il semblerait que la solubilisation de ces acides par le pétrole soit à l'origine de leur pouvoir inhibiteur, C16 et C18 n'influençant pas la croissance bactérienne.

Les détergents peuvent également intervenir, et le dernier travail de LUNDAHL - CABRIDENC (75) montre que le dodécylsulfate (ou laurylsulfate) donne par dégradation bactérienne un intermédiaire plus toxique qui s'est révélé être l'acide laurique C12.

Les alkylbenzène sulfonates (ou ABS), les alcane sulfonates (AS) et les oléfine sulfonates sont oxydés par leur côté hydrophobe et possèdent alors une fonction hydrophile à chaque extrémité de leur molécule. Leur toxicité en est diminuée, contrairement à celle des alkylsulfates dont la liaison ester est facilement coupée. Les intermédiaires formés par ces derniers gardent une chaîne hydrophile et une hydrophobe et sont donc susceptibles d'être toxiques par leur pouvoir tensio-actif. Les essais ont été réalisés sur algues, daphnies et poissons. LUNDAHL rapporte que des enzymes comme l'acyl-CoA synthétase, l'acyl-CoA déshydrogénase et le bêta-hydroxyacyl-CoA, induites au cours de la dégradation des LABS (ABS linéaires) qui se fait par oxydation de la chaîne ramifiée en acide, sont actives vis-à-vis des acides gras et réciproquement.

De façon générale, les LABS, les ABS et les AS donnent naissance à des acides carboxyliques qui se dégradent normalement par bêta-oxydation.

4.2. - Composition en lipides des micro-organismes :

Les bactéries contiennent surtout de l'acide palmitique C16 (66, 87), mais aussi C18 et C18 : 1 en grande quantité. Les Escherichia coli et les streptocoques renferment en outre C14 et C12.

Les moisissures (87) et les levures comme Candida (90) contiennent surtout C16. Dans certaines conditions de culture, sur lactoserum déprotéiné, les Candida produisent beaucoup de C18 : 2, surtout en anaérobiose (89).

Des travaux réalisés sur des bactéries ont montré que C15 est présent à 32 % environ dans Pseudomonas maltophilia (120, 121). Dans la même famille, P. diminuta contient respectivement 1 % de C15, 30 % de C16 et 35 % de C18 : 1 (121).

Dans des invertébrés comme Nephtys incisa (32), on retrouve toujours C16, C18 et C18 : 1. FARRINGTON et QUINN ont montré que les germes coliformes fécaux pouvaient provoquer sur les invertébrés un stress se manifestant par une diminution des rapports C18 : 1 / C18 et C18 : 1 / C20.

4.3. - Conclusion :

Hormis la quantité qui provient de lipides entrant dans une station d'épuration, les acides gras représentent des intermédiaires de dégradation de nombreuses substances. Le mécanisme de bêta-oxydation conduit à la formation d'acides gras à chaîne de plus en plus courte. Il semblerait donc logique de retrouver à la sortie de la station, soit rien si tous les acides gras sont arrivés au terme de leur métabolisme, soit des acides gras à longueurs de chaîne inférieures, à celles qui apparaissent à l'entrée, c'est-à-dire des acides comportant moins de 18 atomes de carbone en proportions relativement équilibrées. On devrait, en tout cas, retrouver au moins la trace de ces acides.

Or, à part Arnas où on retrouve surtout C16 et un peu de C14, l'effluent des stations est constitué essentiellement de C16, C18 et C18 : 1.

Il est exclu de supposer qu'il n'y a aucune dégradation des lipides. Donc, les acides retrouvés correspondant à la composition moyenne en acides gras des bactéries, on en déduit que les effluents épurés contiennent les acides gras sécrétés par les bactéries ou libérés par la lyse des bactéries mortes.

.III.

DISCUSSION

1. EFFICACITE DES STATIONS -

Au terme de ce travail, il apparaît que les quatre stations étudiées sont efficaces puisque tous les dosages effectués montrent une réduction de 80 % au minimum à la sortie, par rapport à l'entrée, sauf pour les éléments minéraux tels que bore et phosphates.

Les effluents, à la sortie, sont très stables et s'il est intéressant de déterminer les heures correspondant aux taux les plus proches de la moyenne, c'est beaucoup moins important que pour l'entrée. On peut remarquer que, à la sortie, à tout instant, les effluents rejetés par les quatre stations sont conformes aux normes légales françaises prévues par la circulaire du 10.06.1976 (tableau I, page 15). On observe une exception pour la DBO_5 à Arnas à 16 h. et 16 h. 30, les M.S. à 16 h. et 0 h. 30. A Saint-Didier, la DCO et la DBO_5 dépassent la norme par moment : à 12 h. et 16 h., puis de 21 h. à 23 h. pour la DCO ; la DBO_5 , elle, est très proche du maximum toléré (40 mg/l) de 16 h. à 1 h. Cela permet de constater que le repos de la nuit est indispensable aux stations pour poursuivre l'épuration des rejets de la journée afin d'être prêtes au matin pour recevoir une nouvelle charge.

Pour pouvoir chiffrer leur efficacité, il devient indispensable d'établir une comparaison entre l'entrée et la sortie. Dès lors, il est important de connaître la composition à l'entrée et on s'aperçoit que l'heure de prélèvement à ce niveau est capitale puisque, dans le cas de Saint-Didier par exemple, les taux trouvés à 8 h. 30 à l'entrée sont cinq à dix fois plus élevés qu'à 8 h. (les M.S. passent de 90 mg/l à 8 h. à 890 mg/l à 8 h. 30) et trois à quatre fois plus importants qu'à 9 h. (les mêmes M.S. passent de 890 à 198 mg/l). Ces taux sont encore trois à quatre fois plus élevés que la moyenne, sauf pour le pH qui est nettement acidifié par le rejet.

Au contraire, à 7 h. le matin, les taux sont très inférieurs et environ dix fois plus faibles que la moyenne.

Si donc il n'est pas possible de prélever régulièrement tout au long de la journée à l'entrée pour avoir un échantillon représentatif de la moyenne, les graphiques établis pour chacune des stations mettent en évidence que, en général, les rejets les plus représentatifs de la moyenne ont lieu entre 9 h. et 10 h. le matin (9 h. à Arnas et Saint-Didier, 10 h. à Messimy et Thurins) et 14 h. et 16 h. l'après-midi (14 h. à Messimy et Thurins, 15 h. 30 à Arnas et Saint-Didier).

Le nombre de paramètres étudiés permet de montrer que pour représenter un effluent, la mesure du pH qui est inversement proportionnelle à la charge en pollution, la DCO qui est sensiblement parallèle à la DBO_5 , aux M.S. et à l'indice CH_2 , et le dosage des phosphates qui reflète le rejet des détergents, sont trois paramètres valables et, semble-t-il, suffisants pour caractériser l'importance relative des divers polluants constitutifs des effluents ménagers.

L'analyse des acides gras libres et estérifiés contenus dans l'extrait réalisé pour la mesure de l'indice CH_2 a permis de montrer que cet indice est constitué de lipides dans une proportion très élevée : les tableaux XLIII et XLIV montrent le parallélisme net entre la diminution de l'indice CH_2 et des lipides à la sortie des stations par rapport à l'entrée : l'indice CH_2 diminue à Thurins et Arnas de 97 %, les acides gras totaux de 99 %. A Messimy, l'indice CH_2 baisse de 92 %, comme les acides gras totaux à Saint-Didier, on trouve 90 % de diminution pour l'indice CH_2 et 87 % pour les acides gras totaux.

Quant à l'analyse détaillée des lipides, elle a permis de montrer que les lipides, pourtant très peu solubles, sont présents à relativement forte concentration dans les

eaux, maintenus grâce à la présence de protéines et détergents qui les solubilisent ou les maintiennent en suspension.

Les lipides sont très bien dégradés : Arnas et Thurins les éliminent à 99 %, Messimy 92 %, Saint-Didier 87 %. Dans ce dernier cas, il semble que deux facteurs interviennent : les variations de concentration très accusées à l'entrée, allant de 2 à 135 mg/l (35,3 mg/l en moyenne) ; d'autre part, la circulation des eaux dans cette station, rapide étant donné la charge à l'entrée, ne permet pas un contact des eaux avec les bactéries d'une durée supérieure à sept heures trente environ, contre quatorze heures à Thurins, soit près de la moitié (Thurins reçoit à peu près la même charge que Saint-Didier : en moyenne 37,6 mg/l dans une fourchette de 8,4 à 73,3 mg/l).

On peut encore remarquer que les industries locales ne modifient pas la composition en lipides de façon significative.

D'après les résultats de Messimy, il semblerait que la dégradation des lipides soit limitée par un facteur qui serait le rejet de lipides bactériens puisque les taux trouvés à la sortie de Messimy sont du même ordre de grandeur que ceux de Thurins et d'Arnas, avec cependant des rejets à l'entrée dix fois plus faibles (3,15 mg/l en moyenne).

En effet, les effluents des stations sont constitués à la fois d'AGL et d'AGE dont la composition semble se rapprocher de celles des bactéries : C16 et C18 sous forme libre, C18 : 1 et C18 : 2 sous forme estérifiée (tableaux XLV et XLVI, figure 49). Pour en avoir la preuve, un essai a été réalisé à partir d'une culture de bactéries du Rhône. Ces bactéries sont constituées de 84 % d'AGE dont 37 % de C18 : 1 et 37 % de C18 : 2, et de 16 % d'AGL constitués à 90 % d'acides saturés.

Enfin, il ne semble pas y avoir parmi les quatre types étudiés un type meilleur qu'un autre. Simplement, il faut adapter le volume de la station à l'importance de la charge en pollution et Saint-Didier, à cet égard, paraît à la limite de ses possibilités.

L'efficacité de ces stations, clairement montrée, ne doit pas faire oublier que leurs rejets, impropres à la consommation, sont à l'origine de certains problèmes : la réutilisation des eaux, d'une part, l'élimination des boues, d'autre part.

2. PROBLEME DU REJET EPURE -

2.1. - Rejet de l'eau :

Les stations étudiées ici rejettent des effluents contenant en moyenne de 0,15 à 1,40 mg/l de détergents. Ces taux, inférieurs à la concentration estimée dangereuse pour les poissons, 5 mg/l de détergents anioniques entraînent la mort d'alevins de truites en quinze heures (82), présentent le risque d'effet synergique possible avec d'autres polluants comme le cuivre ou le mercure qui augmentent la toxicité des détergents vis-à-vis de la truite arc-en-ciel (86).

De même, les adjuvants des produits commerciaux comme les polyphosphates peuvent être peu ou non dégradés. Or, un LAS technique toléré à 23 mg/l pendant quatre-vingt-seize heures par 50 % de poissons *Tilapia melanopleura* n'est plus supporté qu'au taux de 4,6 mg/l sous forme de produit commercial (123).

L'effet sur les plantes est moins dangereux puisque leur croissance non seulement n'est pas toujours entravée (cas de l'orge), mais peut être augmentée (pour le haricot ou la tomate) à la dose de 40 mg/l de LAS.

Les eaux épurées présentent souvent une légère coloration jaune. Celle-ci est due à la présence de matières humiques (acides fulviques et humiques) qui proviennent de la décomposition des matières organiques par les bactéries. Ces substances sont des polymères d'acides aromatiques polyphénoliques dont la structure est extrêmement complexe (102). Elles sont capables de former des complexes stables avec le mercure, les pesticides, de concentrer des ions, de donner naissance à des phtalates et, enfin, de solubiliser des toxiques insolubles par leur pouvoir tensio-actif (17). Leur rôle est donc loin d'être négligeable.

D'autres substances, difficiles à éliminer, sont source de problèmes. C'est le cas du bore qui n'est pas particulièrement toxique pour les poissons ou les micro-organismes qui supportent sans inconvénient 2.000 mg/l de bore (82). Les végétaux y sont, au contraire, beaucoup plus sensibles, puisque certains ne supportent pas 1 mg/l. Les lésions qu'il provoque chez les pins (pins rouges, blancs ou d'Ecosse) à 1 ppm, irrigués deux étés de suite, ont été le jaunissement et la nécrose des aiguilles (93). Il n'est donc pas possible de réutiliser des eaux usées urbaines, même épurées, si leur teneur en bore atteint 1 ppm, pour l'irrigation des forêts.

Les phosphates, également difficiles à éliminer, sont sans effet toxique décelable à 100 mg/l de phosphate trisodique, le plus toxique pour le poisson *Gambusia affinis*. Mais ils ont une action eutrophisante dans les eaux en agissant comme engrais pour les algues (113).

2.2. - Elimination des boues :

La richesse en azote et protéines des boues résiduaires les destinait tout naturellement à la fertilisation des terres, mais, là aussi, la trop forte teneur en phosphore, en métaux, simplement indésirables comme le fer, le zinc ou

le cuivre, ou toxiques comme le cadmium, le mercure ou le plomb, sans oublier le risque potentiel de contamination microbienne significatif, limitent leur exploitation (12, 112). Alors, il est permis de se demander si les stations d'épuration d'eaux, dont l'utilité n'est pas à mettre en doute, représentent le moyen idéal de lutte contre la pollution par les eaux usées. Ne faudrait-il pas envisager, comme SAUZE, son prolongement par le développement d'étangs ou de bassins qui seraient fertilisés par les effluents épurés et à partir desquels il serait possible de développer une culture d'algues utilisables comme fourrage ou engrais, ou l'élevage de crustacés ou espèces aquatiques capables d'utiliser les déchets sans entraîner de risque de contamination bactériologique ou toxique pour l'homme (105) ?

Et même, cette hypothèse ne représente qu'un moyen curatif, d'autant plus difficile à mettre en oeuvre que le nombre de polluants s'accroît et que les méthodes d'analyse de plus en plus fines permettent de mettre en évidence les micro-polluants organiques qui traversent souvent les stations d'épuration sans être altérés, résistent à l'auto-épuration et se retrouvent à l'état de traces dans les cours d'eau (2, 113).

Il est donc bien évident que le meilleur remède pour lutter contre la pollution passe par le développement de méthodes préventives avec recyclage des eaux chaque fois que c'est possible, mise en oeuvre de procédés de fabrication économisant l'eau ou rejetant moins de déchets, amélioration de l'épuration à la source même de la contamination, utilisation de produits chimiques biodégradables et, enfin, séparation des différents types de polluants (46, 116).

C O N C L U S I O N

Les quatre types de station étudiés ont une efficacité supérieure à 85 % pour tous les paramètres, sauf la DCO à MESSIMY et la dégradation des détergents à THURINS et à SAINT-DIDIER, où l'efficacité est néanmoins de 80 %. Pour le bore et les phosphates, on observe, plutôt qu'une dégradation, un nivellement du taux à la sortie par rapport à l'entrée.

Les prélèvements les plus représentatifs de la moyenne dans une station donnée ont eu lieu aux heures suivantes :

- | | |
|---------------|--|
| - à l'entrée | { à 16 h., 14 h. et 10 h. pour MESSIMY ;
{ à 11 h. 30 et 16 h. 30 pour THURINS ;
{ à 9 h., 15 h. 30, 18 h. 30 et 22 h.
{ pour ARNAS ;
{ à 9 h. et 15 h. 30 pour SAINT-DIDIER ; |
| - à la sortie | { à 19 h., 13 h., 21 h. et 24 h.
{ pour MESSIMY ;
{ à 19 h., 24 h., 23 h., 14 h. et 11 h.
{ pour THURINS ;
{ à 20 h. 30, 18 h., 15 h. et 9 h. 30
{ pour ARNAS ;
{ à 18 h., 3 h., 20 h., 16 h. et 17 h.
{ pour SAINT-DIDIER. |

Cette constatation est intéressante à noter pour les prélèvements ponctuels effectués en vue de la surveillance des stations.

A l'entrée des stations, on peut suivre l'évolution de la pollution en fonction du rythme de la vie de la population :

- la pollution organique est maximale aux heures des repas (midi et soir) avec un décalage en fonction de la tombée de la nuit (ARNAS).

L'influence des activités locales se fait sentir de diverses façons :

- les rejets de blanchisseries provoquent une très forte alcalinisation des eaux (MESSIMY) ;
- les rejets agricoles provoquent une forte charge en matières organiques (SAINT-DIDIER) ;
- le caractère de villégiature se traduit par une disparition des rejets de pointe, en particulier le matin (THURINS).

La variation entre la moyenne des pH à l'entrée et à la sortie est inversement proportionnelle à la charge en pollution.

La moyenne des taux en phosphates suit étroitement celle des détergents, contrairement à celle du bore. Il n'y a pas de corrélation entre acides gras et détergents.

Une forte proportion de l'indice " CH_2 " représente des graisses dont la courbe de dosage est sensiblement parallèle à celle de l'indice " CH_2 ". Les graisses libres ou estérifiées se composent surtout d'acides palmitique, stéarique et oléique, acides gras les plus fréquents en biologie. On retrouve ces acides aussi bien à l'entrée qu'à la sortie et dans les mêmes proportions, ce qui laisse supposer l'origine bactérienne endogène des acides éliminés à la sortie.

B I B L I O G R A P H I E

1. AFNOR. - Normes expérimentales :
 pH : NF T 90-008, avril 1953.
 Phosphates : NF T 90-023, septembre 1963.
 Corps gras d'origine animale et végétale. Analyse par chromatographie en phase gazeuse : NF T 60-230, janvier 1970.
 DBO₅ : NF T 90-103, juin 1971.
 DCO : NF T 90-101, septembre 1971.
 M.S. : NF T 90-105, mars 1972.
 Dosage des hydrocarbures : NF T 90-203, août 1973.
2. ANONYME. - L'eau, la recherche, l'environnement, Montpellier, octobre 1977.
 - Monit. Pharm., N° 1300, 3 décembre 1977, 4014.
3. ANONYME. - MNNG-N-méthyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine.
 - Technical information, 106, Aldrich, August 1974.
4. ANONYME. - Sewage : identification of soluble organic compounds in sewage effluents.
 - Wat. Pollut. Res. (G.B.), 1971, 97-101.
5. ATLAS R.N., BARTHA R. - Inhibition by fatty acids of the biodegradation of petroleum.
 - Antonie van Leeuwenhoek, J. Microbiol. Serol., 1973, 39, 2, 257-271.
6. BAKER R.A. - Determination of volatile fatty acids in aqueous solution by gas-liquid chromatography.
 - J. Gas Chromat., 1966, 4, (11), 418-419, in Analyt. Abstr., 1968, 15, 1108.
7. BALLAY D., LEBREF J.P. - L'assainissement des communes rurales françaises. Caractéristiques des effluents des communes rurales.
 - Tech. Sci. Municip., 1974, N° 6, 301-307.
8. BARABE J.P., HURIET B. - Utilisation de tubes "Cloisonyle" en PVC pour le traitement des eaux résiduaires industrielles par lits bactériens.
 - Lutte contre la pollution des eaux, recherches actuelles ; Collection de l'ARNT Eyrolles, Gauthier-Villars Ed., Paris, 1970, 107-119.

9. BENEDEK A., NAJAK A. - Wastewater sample preservation.
- Wat. Pollut. Control, Canada, 1975, 113, (9), 20-31.
10. BERNARD J., DIVET L. - Les techniques d'épuration des
eaux usées en France.
- Tech. Sci. Municip., 1974, N° 6, 286-299.
11. BIOCHIMIE des lipides : métabolisme, techniques d'explo-
ration.
- Simep Ed., Lyon, 1967.
12. BLOCK J.C., MORLOT M., FOLIGUET J.M. - Limites d'utilisa-
tion en agriculture des boues d'eaux usées urbaines.
- Sciences pharmaceutiques et biologiques de Lorraine,
spécial C.N.H.E.C., Nancy, 20-22-10-1975.
13. BOUQUIAUX J., MERTENS A. - Etude de la méthode de dosage
des matières grasses dans les eaux.
- Tribune du CBEDE, 1960, 110, 42-48.
14. BREVET : Boehringer Mannheim GmbH British Patent 1.171.869,
date appl. 30.1.1968. The preparations described are
designed to detect fats and fatty acids of water.
15. BRINGMANN G., KUHN R. - Biologischer Abbau von Mineralöl-
produkten in Scheibentauchkörper-Verfahren.
- Gesundheits-Ingenieur, 1968, 89, (6), 179-186.
16. BRISOU J. - Techniques d'enzymologie bactérienne.
- Masson Ed., Paris, 1971.
17. BUFFLE J.Ph., MALLEVIALLE J. - Le rôle des matières humiques
envisagées comme agent d'accumulation et véhicule de
substances toxiques dans les eaux.
- Tech. Sci. Municip., 1974, N° 6, 331-340.
18. CHAMBON M. - Les méthodes d'étude de la pollution des cours
d'eaux.
- Prod. Prob. Pharm., 1969, 24, (9), 508-514.
19. CHAMBON P., CHAMBON-MOUGENOT R. - Interférence des acides
gras dans le dosage des hydrocarbures aliphatiques par
spectrophotométrie infra-rouge.
- Bull. Ass. Pharm. franç. Hydrologie, 1970, N° 3, 105-110.
20. CHAMBON P., PIERSON M., PATTEE E., VIAL J., CHAMBON-MOUGENOT
R. - Essai d'évaluation de l'efficacité d'une station
d'épuration à l'aide de plusieurs paramètres dont la
biodégradation des lipides.
- Tribune de Cebedeau, 1977, 30, N° 398, 2-7.
21. CHRISTIE W.W. - Quantitative esterification of lipids on
thin-layer adsorbents.
- Analyst, Lond., 1972, 97, 221-223.

- 21^{bis}. CIRCULAIRE DU 10 JUIN 1976 relative à l'assainissement des agglomérations et à la protection sanitaire des milieux récepteurs.
- J.O. 21 août 1976, 4256-4270.
22. COLAS R. - La pollution des eaux.
- Que sais-je, N° 983, PUF Ed., Paris, 1973, 3^{ème} édition.
23. COLAS R. - La pollution des eaux.
- 4^{ème} édition, 1976.
24. CONFERENCE de l'association internationale de recherche sur la pollution de l'eau, Paris, 1974.
- Pergamon Ed., Oxford, 1975.
25. COURT F.H. (de la), CASSEL N.J.P. (van), VALK J.A.M. (van der). Die Genauigkeit der Gaschromatographischen Analyse von Fettsäuren.
- J. Chromat., 1972, 72, (2), 249-258.
26. COURTOIS J.E., PERLES R. - Précis de chimie biologique, tome II.
- Masson Ed., Paris, 1972.
27. DIAS F.F., ALEXANDER M. - Effect of chemical structure on the biodegradability of aliphatic acids and alcohols.
- Appl. Microbiol., 1972, 22, (6), 114-118.
28. DUNGES W. - 4-bromomethyl,7-methoxycoumarin as a new fluorescence label for fatty acids.
- Analyt. Chem., 1977, 49, (3), 442-445.
29. FALES H.M., JAOUNI T.M., BABASHAK J.F. - Simple device for preparing ethereal diazomethan without resorting to co-distillation.
- Analyt. Chem., 1973, 45, (13), 2302-2303.
30. FARRINGTON J.W., QUINN J.G. - Biogeochemistry of fatty acids in recent sediments from Narragansett Bay, Rhode Island.
- Geochim. Cosmochim. Acta, 1973, 37, (2), 256-268, in Chem. Abstr., 1973, 78, 87174s.
31. FARRINGTON J.W., QUINN J.G. - Petroleum hydrocarbons and fatty acids in waste water effluents.
- J. Water Pollut. Contr. Fed., 1974, 45, (4), 704-712.
32. FARRINGTON J.W., QUINN J.G., DAVIS W.R. - Fatty acid composition of nephtys incisa and yoldia limatula.
- J. Fish. Res. Board Can., 1973, 30, (2), 181-185.
33. FAUST S.D., HUNTER J.V. - Organic compounds in aquatic environments.
- Dekker Ed., New York, 1971, p. 67, 68, 73.

34. FIESER L., FIESER M. - Reagents for organic synthesis.
- J. Wiley & Sons Ed., New York, 1967, p. 191.
35. FULK W.K., SHORB M.S. - Production of an artefact during
methanolysis of lipids by boron trifluoride methanol.
- J. Lipid Res., 1970, 11, (3), 276-277.
36. GEHRKE C.W., GOERLITZ D.F. - Quantitative preparation of
methylesters of fatty acids for gas chromatography.
- Analyt. Chem., 1963, 35, 76-80.
37. GLASS R.L. - Alcoholysis, saponification and the prepara-
tion of fatty acid methylesters.
- Lipids, 1971, 6, (12), 919-925.
38. GLASS R.L., CHRISTOPHERSON J.W. - A method for the diffe-
rential analysis of mixtures of esterified and free
fatty acids.
- Chem. Phys. Lipids, 1969, 3, (4), 405-408.
39. GORETTI G., MARSELLA I., PETRONIO B.M. - Determinazione
cromatografia dei costituenti l'estratto etero di acque
industriali.
- Riv. ital. Sost., Grasse, 1974, 51, (2), 66-69.
40. GOUNON J. - Etude de stations d'épuration à lits bactériens
et à boues activées : rendement et comparaison ; influ-
ence de leurs rejets sur le ruisseau récepteur.
- D.E.A. Biologie animale - Ecologie, U.E.R. Sciences
de la Nature, Lyon I, juin 1975.
41. GRUENERT A. - Die microanalytische, selektive Bestimmung
der unveresterten langkettigen Fettsäuren im Serum.
- Z. Klin. Chem. Klin. Biochem., 1975, 13, (9), 407-412.
42. GUERREE H. - Pratique de l'assainissement des aggloméra-
tions urbaines et rurales.
- Eyrolles Ed., Paris, 1967.
43. HAKEN J.K. - Stationary phases and the applicability of
classifications and preferred phase schemes to fatty
esters.
- J. Chromat. Sci., 1975, 13, 430-439.
44. HANSEN A.P., SAAD S., JONES V.A., CARAWAN R.E. - Analysis
of lipids in dairy wastewater.
- J. Dairy Sci., 1976, 59, (7), 1222-1225.
45. HARPER H. - Précis de Biochimie.
- Armand Colin Ed., Paris, 1973.

46. HELMER R. - Offensive contre la pollution des eaux.
- Chron. OMS, 1975, 29, (11), 469-476.
47. HORNSTEIN I., ALFORD J.A., ELLION L.E., CROWE P.F. -
Determination of free fatty acids in fat.
- Analyt. Chem., 1960, 32, (6), 540-542.
48. HRIVNAK J., PALO V. - Separation of C₂-C₁₈ free fatty
acids in dairy products by dual column PTGC.
- J. Gas Chromat., 1967, (6), 325-326.
49. HUNTER J.V., HEUKELEKIAN H. - The composition of domestic
sewage fractions.
- J. Water Pollut. Contr. Fed., 1965, 37, (8), 1142-1163.
50. HUSEK P. - Method for the direct methylation of lipids
separated by thin-layer chromatography without extrac-
tion from the silicagel.
- Z. klin. Chem. klin. Biochem., 1969, 7, (6), 627-630,
in Analyt. Abstr., 1970, 19, 4189.
51. HUWYLER S. - Ultramicromethoden-Darstellung von Diazomethan ;
Methylierung von Fettsäuren mittleren Kettenlänge.
- Experientia, 1973, 29, (6), 735-736.
52. HUYSSTEEN J.J. (van). - The determination of short-chain
fatty acids in aqueous solution by gas-liquid-chromato-
graphy.
- Water Res., 1970, 4, 645-659.
53. IMAI C., WATANABE H. - Detection of adulteration of cotton-
seed oil by gas-chromatography.
- J. Am. Oil Chem. Soc., 1974, 51, (7), 326-330.
54. IVERSON J.L., SHEPPARD A.J. - Butylester preparation for
gas-liquid chromatographic determination of fatty acids
in butter.
- J. Ass. off. analyt. Chem., 1977, 60, (2), 284-288.
55. JAAG O. - La lutte contre la pollution des lacs et des
rivières en Suisse.
- Lutte contre la pollution des eaux, recherches actuelles,
Coll. de l'ARNT, Eyrolles, Gauthier-Villars, Ed., Paris,
1970, 150-165.
56. JAMIESON G.R. - Gas-liquid chromatography identification
techniques for long-chain unsaturated fatty acids.
- J. Chromat. Sci., 1975, 13, (10), 491-497.

57. JUST F. - Etude du rendement de deux types de stations d'épuration : l'un à disques biologiques et l'autre à tubes "Cloisonyle". Influence du rejet de ces stations dans un cours d'eau (milieu récepteur).
- D.E.A. Biologie animale - Ecologie, U.E.R. Sciences de la Nature, Lyon I, juin 1975.
58. KITAMURA H. - Studies on the purification and utilization of polluted water using photosynthetic bacteria and microalgae.
- Hakko Kyoskaishi, 1972, 30, (4), 153-169, in Chem. Abstr., 1973, 78, (2), 7570 e.
59. KLOPFENSTEIN W.E. - Methylation of unsaturated acids by using borontrihalide methanol reagents.
- J. Lipid Res., 1971, 12, (6), 773-776.
60. KUKSIS A. - Progress in the analysis of lipids IX, gas chromatography, part I.
- Fette, Seifen, Anstr. Mittel, 1971, 73, (2), 130-138.
61. KUZDZAL-SAVOIE S., KUZDZAL W. - Utilisation des sels de baryum en vue du dosage des acides gras volatils du beurre.
- Lait, 1968, 48, N° 475-476, 255-260.
62. KUZDZAL-SAVOIE S., KUZDZAL W., LANGLOIS D. - Dosage des acides gras libres, note technique.
- Lait, 1969, 49, N° 508, 534.
63. KUZDZAL-SAVOIE S., LANGLOIS D., TREHIN J. - Méthode générale d'analyse d'un mélange gras.
- Rev. Lait, 1975, N° 328, 135-155.
64. LA LUTTE CONTRE LA POLLUTION DES EAUX DOUCES.
- Conseil de l'Europe, Strasbourg, 1966.
65. LAMAR W.L., GOERLITZ D.F. - Characterization of carboxylic acids in unpolluted streams by g.l.c.
- J. Amer. Water Works Ass., 1963, 55, (6), 797-802.
66. LAMBIN S., GERMAN A. - Précis de microbiologie.
- Masson Ed., Paris, 1969.
67. LAVALLE P.D. - Domestic sources of stream phosphates in urban streams.
- Water Res., 1975, 9, (10), 913-915.
68. LEFORT D. - Modèles mathématiques de pollution de rivière.
- La Houille blanche (l'hydraulique de la pollution), 1971, N° 8, 699-704.

69. LEGERON J.P. - Sur une méthode de mesure du taux d'activité total des boues activées de stations d'épuration biologique.
- C.R. Acad. Sci., Paris, série D, 1974, 279, 859-861.
70. LOEHR R.C., NAVARRA C.T. (de) - Grease removal at a municipal treatment facility.
- J. Water Pollut. Contr. Fed., 1969, 41, R 142-R 154.
71. LOEHR R.C., ROTH J.C. - Aerobic degradation of long-chain fatty acid salts.
- Water Pollut. Contr. Fed., 1968, (1), part 2, R 385-R 403.
72. LOUISOT P. - Biochimie métabolique ; enzymologie, catabolisme.
- Simep Ed., Lyon, 1969.
73. LOURY M. - Une méthode générale permettant la transformation rapide des corps gras en esters méthyliques.
- Rev. franç. Corps gras, 1967, 14, 383-389.
74. LUNDAHL P. - Agents de surface. Etude bibliographique des mécanismes de biodégradation de quelques agents de surface synthétiques anioniques.
- Inst. Nat. Rech. Chim. Appl. : notice intérieure N° 236. Etudes A-0291, E-4121, août 1974.
75. LUNDAHL P., CABRIDENC R. - Mise au point d'une méthode d'étude de l'évolution de la toxicité des polluants en cours de biodégradation. Application aux agents de surface.
- J. Franç. Hydrol., 1976, 7, (3), N° 21, 143-150.
76. LUTTE CONTRE LA POLLUTION DES EAUX. Recherches actuelles.
- Collection de l'ARNT, Eyrolles, Gauthier-Villars, Ed., Paris, 1970.
77. Mac GEE J., ALLEN K.G. - Preparation of methylesters from the saponifiable fatty acids in small biological specimens for gas-liquid chromatography analysis.
- J. Chromat., 1974, 100, (1), 35-42.
78. MAN J.M. (de). - Determination of the fatty acid composition of milk fat by dual column temp. programmation g.l.c.
- J. Dairy Sci., 1964, 47, 546-547.
79. MARTY J.C. - Contribution à l'étude de la pollution ultra-superficielle des océans : atténuation de l'Ü.V. composition en acides gras et hydrocarbures.
- Thèse Doct. 3^e cycle, spécialité géophysique, mention océanographie physique, Paris VI, 1974.

80. MASON M.G., EAGER M.E., WALLER G.R. - A procedure for the simultaneous quantitative determination of glycerol and fatty acid content of fats and oils.
- *Analyt. Chem.*, 1964, 36, (3), 587-590.
81. MAVRIKOS P.J., ELIOPOULOS G. - Preparation of methylesters of long-chain fatty acids.
- *J. Amer. Oil Soc.*, 1973, 50, (5), 174.
82. MEINCK F., STOOFF H., KOHLSCHUTTER H. - Les eaux résiduaires industrielles.
- *Masson Ed.*, Paris, 1970.
83. MERCIER-GUYON C. - Dosage des acides gras dans les eaux de station d'épuration par chromatographie en phase gazeuse.
- Rapport de stage, Pharmacie 5^e A., Biologie, Lyon, 1975.
84. METCALFE L.D., SCHMITZ A.A. - The rapid preparation of fatty acid esters for gas chromatographic analysis.
- *Analyt. Chem.*, 1961, 33, 363-364.
85. MIGET R., KATOR H., OPPENHEIMER C., LASETER J.L., LEDET E.J. - New sampling device for the recovery of petroleum hydrocarbons and fatty acids from aqueous surface film.
- *Analyt. Chem.*, 1974, 46, (8), 1154-1157.
86. MINEAR R.A., PAGORIA P.S. - Organics, literature review.
- *J. Water Pollut. Contr. Fed.*, 1974, 46, (6), 1058-1100.
87. MORELLE J. - Chimie et Biochimie des lipides.
- *Varia Ed.*, Paris, 1965.
88. MORETTE A. - Précis d'Hydrologie.
- *Masson Ed.*, Paris, 1964.
89. MOULIN G., GALZY P. - Sélection de souches de levure pour la production de protéines et pour l'épuration des eaux résiduaires de laiteries.
- *D.G.R.S.T.*, 7470004, Fr. 1975, 1-19, Technol. aliment. agric.
90. MOULIN G., GALZY P., BEZARD J. - Observations sur la composition des lipides de quelques levures.
- *Lait*, 1973, N° 528, 530-536.
91. MURATA T. - Analysis of triglycerides mixtures by gas chromatography.
- *Analyt. Chem.*, 1973, 45, 1816-1823.

92. MURTHAUGH J.J., BUNGH R.L. - Acidic components of sewage effluents and river water.
- J. Water Pollut. Contr. Fed., 1965, 37, (3), 410-415.
93. NEARY D.G., SCHNEIDER G., WHITE D.P. - Boron toxicity in red pine following municipal waste water irrigation.
- Soil Sci. Soc. Amer. Proc. (U.S.A.), 1975, 39, (5), 981-982.
94. NEDVEK T.K., GURNHAM C.F. - Biodegradability of fatty oils : a case study.
- In 5th Nat. Symp. food process Wastes Proc., Monterey, Calif., 1974, 8, 269-279.
95. NOVAK J.T., KRAUS D.L. - Degradation of long-chain fatty acids by activated sludge.
- Water Res., 1973, 7, 843-851.
96. OETTE K., AHRENS E.H. - Quantitative gas-liquid chromatography of short-chain fatty acids as 2-chloroethanol-esters.
- Analyt. Chem., 1961, 33, 1847-1851.
97. OETTE K., DOSS M., WINTERFELD M. - Transesterification and esterification of long and short-chain fatty acids in capillaries for gas-chromatographic analysis.
- Z. klin. Chem. klin. Biochem., 1970, 8, (5), 525-528, in Analyt. Abstr., 1971, 21, 1327.
98. OLIVEIRA D.B. (de), HARRIS W.E. - Diazomethan esterification of fatty acids by reaction-gas chromatography.
- Analyt. Lett., 1973, 6, (12), 1107-1111, in Analyt. Abstr., 1974, 27, 1398.
99. REICHMANN G., JAKOBZA D., SCHULZE P. - Comparison of four methods of esterification with the fatty acids from "vernix caseosa" as test substance.
- Z. med. Labortech., all., 1971, 12, (5), 233-240, in Analyt. Abstr., 1972, 23, 3354.
100. REVOL A. - Cours de Biochimie, 4^e A., Lyon, 1972-1973.
101. RODIER J. - Analyse de l'eau, tomes I et II.
- Bordas Ed., Paris, 1975.
102. ROOK J.J. - Chlorination reactions of fulvic acids in natural waters.
- Environ. Sci. Technol., 1977, 11, (5), 478-482.

103. SAMPSON D., HENSLEY W.J. - Rapid gas-chromatographic method for quantitation of underivatized individual free-fatty acids in plasma.
- Clinica Chim. Acta, 1975, 61, (1), 1-8, in Analyt. Abstr., 1975, 30, 4 D 37.
104. SANDRA P., VERZELE M. - Analysis of long-chain fatty acids in beer.
- J. Inst. Brew., 1975, 81, (4), 302-306, in Analyt. Abstr., 1976, 30, 3 F 35.
105. SAUZE F. - Les algues, une ressource pour l'avenir ? De l'épuration des eaux à l'aquaculture et à la production d'énergie.
- Tech. Sci. municip., 1975, 70, (12), 537-540.
106. SCHLENK H., GELLERMANN J.L. - Esterification of fatty acids with diazomethan on a small scale.
- Analyt. Chem., 1960, 32, 1412-1414.
107. SINGH E.J., CELIC L., SWARTWOUT J.R. - Chromatographic separation of ovarian dermoid cyst lipids and prosta-glandins.
- J. Chromat., 1971, 63, (2), 321-327.
108. SOLOMON H.L., HUBBARD W.D., PROSSER A.R., SHEPPARD A.J. - Sample-size influence on boron trifluoride methanol procedure for preparing fatty acid methylesters.
- J. Amer. Oil Chem. Soc., 1974, 51, (9), 424-425.
109. STOFFEL W., CHU F., AHRENS E.H. - Analysis of long-chain fatty acids by gas-liquid chromatography.
- Analyt. Chem., 1959, 31, 307-308.
110. TARIQ M.N. - Temps de rétention dans les lits bactériens.
- Conférence de l'Association internationale de recherche sur la pollution de l'eau, Paris, 9-13 septembre 1974, Pergamon Ed., Oxford, 14 A 1.
111. TECHNIQUES ET SCIENCES MUNICIPALES, 1974, N° 6.
112. TERNISIEN J.A. - La lutte contre les pollutions.
- PUF Ed., Paris, 1968.
113. TERNISIEN J.A. - Les pollutions et leurs effets.
- PUF Ed., Paris, 1968.
114. THENOT J.P. - Fatty acid esterification with dimethyl-formamide dialkylacetals for gas-chromatography analysis.
- Analyt. Lett., 1972, 5, (4), 217-223, in Analyt. Abstr., 1972, 23, 4030.

115. TONKELAAR W.A. (den), BERGSHOEFF G. - Use of azure A instead of methylene blue for determination of anionic detergents in drinking and surface waters.
- Water Res., 1969, 3, 31-38.
116. TRUCHOT C., PHILIP R. - La politique de la recherche dans le domaine de l'eau en France.
- Tech. Sci. municip., 1974, N° 6, 252-256.
117. VAILLANT J.R. - Protection de la qualité des eaux et maîtrise de la pollution.
- Eyrolles Ed., Paris, 1973.
118. VAN DER VEEN J., MEDWADOWSKI B.F., OLCOTT H.S. - Study of fatty acid losses during saponification and extraction of small lipid samples.
- Lipids, 1968, 3, (2), 189-190.
119. WALKER J.D., COLWELL R.R. - Sampling device for monitoring biodegradation of oil and other pollutants in aquatic environments.
- Environ. Sci. Technol., 1977, 11, (1), 93-95.
120. WAYNE-MOSS C., DEES S.B. - Identification of microorganisms by a chromatographic-mass spectrometric analysis of cellular fatty acids.
- J. Chromat., 1975, 112, 595-604.
121. WAYNE-MOSS C., LAMBERT M.A., MERWIN W.H. - Comparison of rapid methods for analysis of bacterial fatty acids.
- Appl. Microbiol., 1974, 28, (1), 80-85.
122. WOLFF J.P. - Manuel d'analyse des corps gras.
- Azoulay Ed., Paris, 1968.
123. ZAVALA A.L. - Effets des détergents ABS, LAS et AOS, sur les poissons, les animaux et les plantes.
- Conférence de l'Association internationale de recherche sur la pollution de l'eau, Paris, 9-13 septembre 1974, Pergamon Ed., Oxford, 2 B 2.
-

E R R A T A - A D D E N D A

- p. 10 : 3^{ème} §, 3^{ème} ligne : supprimer le "e" de "aménagées".
- p. 14 : 3^{ème} alinea : remplacer "épurés" par "épurées".
- p. 17 : 4^{ème} §, 3^{ème} ligne : remplacer "qui" par "dont les acides gras".
- p. 18 : 3^{ème} §, 2^{ème} ligne; 6^{ème} §, 5^{ème} ligne : remplacer "aérobie" par "aérobiose".
- p. 35 : 5^{ème} §, 3^{ème} ligne : remplacer "à l'est" par "à l'ouest".
- p. 37 : Dans le tableau III, rajouter :

Volume des différents éléments (m³)

MESSIMY	bassin d'oxydation.....	135
	clarificateur.....	45
	concentrateur.....	4
THURINS	décanteur I	84
	filtre bactérien.....	85
	décanteur II	51
ARNAS	décanteur I	17,5
	digesteur.....	50
	bassins d'oxydation.....	10
	décanteur II	10
SAINT-DIDIER	décanteur I	5
	décanteur II	5

- p. 49 : 5^{ème} ligne : remplacer "tétrachlorure de sodium" par "tétrachlorure de carbone".
- p. 51, 8^{ème} §, 2^{ème} ligne; p. 53, 2^{ème} ligne; p. 54, 5^{ème} ligne; p. 58, 4^{ème} §, 1^{ère} et 4^{ème} ligne, 5^{ème} §, 2^{ème} ligne : remplacer "méthoxyde de sodium" par "méthylate de sodium".
- p. 55 : 5^{ème} ligne : remplacer "C CL₄" par "C Cl₄".
- p. 139 : 6^{ème} §, 1^{ère} ligne : mettre "analogie " au pluriel.
- p. 151 : 1^{ère} ligne : remplacer "réalisés" par "obtenus".
- p. 153 : 3^{ème} §, 4^{ème} ligne : remplacer "que Thurins" par "qu'à Thurins".
- p. 159 : 3^{ème} §, 12^{ème} ligne : après "hydroxyacylCoA", ajouter "déshydrogénase".

